

PCT

REC'D 08 JUN 2001

WIPO

PCT

RAPPORT D'EXAMEN PRELIMINAIRE INTERNATIONAL

(article 36 et règle 70 du PCT)

Référence du dossier du déposant ou du mandataire 500 159	POUR SUITE A DONNER voir la notification de transmission du rapport d'examen préliminaire international (formulaire PCT/IPEA/416)	
Demande internationale n° PCT/FR00/00493	Date du dépôt international (jour/mois/année) 29/02/2000	Date de priorité (jour/mois/année) 01/03/1999
Classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois classification nationale et CIB B29C67/00		
Déposant OPTOFORM SARL PROCEDES DE PROTOTYPAGE RAPIDE et al		



RECEIVED
FEB 11 2002
Technology Center 2100

1. Le présent rapport d'examen préliminaire international, établi par l'administration chargée de l'examen préliminaire international, est transmis au déposant conformément à l'article 36.
2. Ce RAPPORT comprend 8 feuilles, y compris la présente feuille de couverture.
 - ☒ Il est accompagné d'ANNEXES, c'est-à-dire de feuilles de la description, des revendications ou des dessins qui ont été modifiées et qui servent de base au présent rapport ou de feuilles contenant des rectifications faites auprès de l'administration chargée de l'examen préliminaire international (voir la règle 70.16 et l'instruction 607 des Instructions administratives du PCT).

Ces annexes comprennent 1 feuilles.

3. Le présent rapport contient des indications relatives aux points suivants:

- I ☒ Base du rapport
- II ☐ Priorité
- III ☐ Absence de formulation d'opinion quant à la nouveauté, l'activité inventive et la possibilité d'application industrielle
- IV ☒ Absence d'unité de l'invention
- V ☒ Déclaration motivée selon l'article 35(2) quant à la nouveauté, l'activité inventive et la possibilité d'application industrielle; citations et explications à l'appui de cette déclaration
- VI ☐ Certains documents cités
- VII ☐ Irrégularités dans la demande internationale
- VIII ☐ Observations relatives à la demande internationale

Date de présentation de la demande d'examen préliminaire internationale 09/09/2000	Date d'achèvement du présent rapport 06.06.2001
Nom et adresse postale de l'administration chargée de l'examen préliminaire international:  Office européen des brevets D-80298 Munich Tél. +49 89 2399 - 0 Tx: 523656 epmu d Fax: +49 89 2399 - 4465	Fonctionnaire autorisé Wich, R. N° de téléphone +49 89 2399 7517 

THIS PAGE BLANK (USPTO)

RAPPORT D'EXAMEN PRÉLIMINAIRE INTERNATIONAL

Demande internationale n° PCT/FR00/00493

I. Bas du rapport

1. En ce qui concerne les **éléments** de la demande internationale (*les feuilles de remplacement qui ont été remises à l'office récepteur en réponse à une invitation faite conformément à l'article 14 sont considérées dans le présent rapport comme "initialement déposées" et ne sont pas jointes en annexe au rapport puisqu'elles ne contiennent pas de modifications (règles 70.16 et 70.17)*):

Description, pages:

1-19 version initiale

Revendications, N°:

1-16, version initiale
17 (partie)

17 (partie), 18, telle(s) que modifiée(s) en vertu de l'article 19
19

Dessins, feuilles:

1/3-3/3 version initiale

2. En ce qui concerne la **langue**, tous les éléments indiqués ci-dessus étaient à la disposition de l'administration ou lui ont été remis dans la langue dans laquelle la demande internationale a été déposée, sauf indication contraire donnée sous ce point.

Ces éléments étaient à la disposition de l'administration ou lui ont été remis dans la langue suivante: , qui est :

- ☐ la langue d'une traduction remise aux fins de la recherche internationale (selon la règle 23.1(b)).
- ☐ la langue de publication de la demande internationale (selon la règle 48.3(b)).
- ☐ la langue de la traduction remise aux fins de l'examen préliminaire internationale (selon la règle 55.2 ou 55.3).

3. En ce qui concerne les **séquences de nucléotides ou d'acide aminés** divulguées dans la demande internationale (le cas échéant), l'examen préliminaire internationale a été effectué sur la base du listage des séquences :

- ☐ contenu dans la demande internationale, sous forme écrite.
- ☐ déposé avec la demande internationale, sous forme déchiffrable par ordinateur.
- ☐ remis ultérieurement à l'administration, sous forme écrite.
- ☐ remis ultérieurement à l'administration, sous forme déchiffrable par ordinateur.
- ☐ La déclaration, selon laquelle le listage des séquences par écrit et fourni ultérieurement ne va pas au-delà de la divulgation faite dans la demande telle que déposée, a été fournie.

THIS PAGE BLANK (USPTO)

RAPPORT D'EXAMEN PRÉLIMINAIRE INTERNATIONAL

Demande internationale n° PCT/FR00/00493

- ☐ La déclaration, selon laquelle les informations enregistrées sous déchiffrable par ordinateur sont identiques à celles du listage des séquences Présenté par écrit, a été fournie.

4. Les modifications ont entraîné l'annulation :

- ☐ de la description, pages :
☒ des revendications, n°s : 20
☐ des dessins, feuilles :

5. ☐ Le présent rapport a été formulé abstraction faite (de certaines) des modifications, qui ont été considérées comme allant au-delà de l'exposé de l'invention tel qu'il a été déposé, comme il est indiqué ci-après (règle 70.2(c)) :

(Toute feuille de remplacement comportant des modifications de cette nature doit être indiquée au point 1 et annexée au présent rapport)

6. Observations complémentaires, le cas échéant :

IV. Absence d'unité de l'invention

1. En réponse à l'invitation à limiter les revendications ou à payer des taxes additionnelles, le déposant a

- ☐ limité les revendications.
☒ payé des taxes additionnelles.
☐ payé des taxes additionnelles sous réserve.
☐ ni limité les revendications ni payé des taxes additionnelles.

2. ☐ L'administration chargée de l'examen préliminaire international estime qu'il n'est pas satisfait à l'exigence d'unité d'invention et décide, conformément à la règle 68.1, de ne pas inviter le déposant à limiter les revendications ou à payer des taxes additionnelles.

3. L'administration chargée de l'examen préliminaire international estime que, aux termes des règles 13.1, 13.2 et 13.3,

- ☐ il est satisfait à l'exigence d'unité de l'invention.
☒ il n'est pas satisfait à l'exigence d'unité de l'invention, et ce pour les raisons suivantes :
voir feuille séparée

4. En conséquence, les parties suivantes de la demande internationale ont fait l'objet d'un examen préliminaire international lors de la formulation du présent rapport :

- ☐ toutes les parties de la demande.

THIS PAGE BLANK (USPTO)

**RAPPORT D'EXAMEN
PRÉLIMINAIRE INTERNATIONAL**

Demande internationale n° PCT/FR00/00493

☐ les parties relatives aux revendications n°s .

V. Déclaration motivée selon l'article 35(2) quant à la nouveauté, l'activité inventive et la possibilité d'application industrielle; citations et explications à l'appui de cette déclaration

1. Déclaration

Nouveauté	Oui : Revendications 1-19
	Non : Revendications
Activité inventive	Oui : Revendications 1-19
	Non : Revendications
Possibilité d'application industrielle	Oui : Revendications 1-19
	Non : Revendications

**2. Citations et explications
voir feuille séparée**

THIS PAGE BLANK (USPTO)

Concernant le point IV

- 1 Les revendications indépendantes 11 et 19 ne remplissent pas l'exigence d'unité de l'invention (règle 13 PCT), parce qu'elles ne sont pas liées de telle sorte qu'elles forment qu'un seul concept général nouveau et inventif, et ce pour les raisons suivantes:
 - 1.1 Le concept commun des revendications 11 et 19, défini par des caractéristiques communes, est :

Un dispositif de prototypage rapide, comprenant des moyens pour introduire la transformation de la matière première dans un champ de travail, des moyens d'alimentation en matière première, au moins un racleur, et des moyens pour effectuer au moins une phase de recouvrement, lesdits moyens comprenant des moyens d'entraînement en translation du racleur.
 - 1.2 Cependant, un tel dispositif est déjà connu de l'art antérieur, par exemple du document WO-A-96/23647 (D1), voir figure 5a.
 - 1.3 Par conséquent, les revendications 11 et 19 ne sont pas liées par un concept commun nouveau et inventif.
 - 1.4 Partant du concept commun présenté ci-dessus,
 - la revendication 11 est dirigée vers la situation relative d'un organe pousseur par rapport à un organe rouleau, alors que
 - la revendication 19 est dirigée vers deux organes pousseurs disposés face à face.
 - 1.5 En conséquence, la demande revendique 2 inventions (règle 13.1, 13.2 PCT), celle représentée par la revendication 11 et la revendication indépendante 1 correspondante, et celle représentée par la revendication 19.

THIS PAGE BLANK (USPTO)

C n c rnant l p int V

Revendication indépendante 1

D1 (cf. Figure 6a) décrit un procédé de prototypage rapide pour la production de pièces tridimensionnelles par transformation de volumes successifs d'une matière première d'un premier état en un second état, au moyen d'un dispositif induisant ladite transformation, et d'au moins un racleur comprenant au moins un organe rouleur, ledit procédé comportant une répétition d'un cycle comprenant les étapes suivantes :

- au moins une phase de transformation de la matière première dans au moins une partie d'un champ de travail grâce au dispositif induisant la transformation,
- au moins une phase de recouvrement de la matière transformée par de la matière non transformée, ladite phase de recouvrement consistant notamment à déplacer le racleur dans une direction donnée dite de recouvrement et à entraîner en rotation autour d'un axe ledit organe rouleur sur lequel s'enroule au moins en partie un boudin de matière première non transformée, ledit procédé comportant, à au moins un instant, au moins une phase d'alimentation en matière première non transformée, en aval du racleur.

La revendication 1 diffère du D1 par le fait que le procédé consiste, dans au moins une phase de recouvrement, à disposer une partie dite organe pousseur dudit racleur de façon que le bord proximal dudit organe pousseur coïncide sensiblement avec la surface dudit champ de travail lors du parcours du racleur dans ladite direction de recouvrement, pour pousser la matière non transformée à recouvrir le champ de travail, et à positionner ledit organe rouleur en aval dudit organe pousseur, par rapport à la direction de recouvrement, et en regard de celui-ci, de façon à canaliser le boudin de matière non transformée, circulant selon une trajectoire en boucle autour du (ou des) organe rouleur précité, vers une cavité formée entre le bord proximal de l'organe pousseur et l'organe rouleur en vis à vis.

Ni D1 ni aucun des documents cités dans le rapport de recherche n'anticipe ou ne suggère de manière évidente un tel procédé.

Par conséquent, la revendication 1 remplit les conditions énoncées dans les articles 33(2) et (3) PCT.

THIS PAGE BLANK (USPTO)

Revendication indépendante 11

D1 (cf, Figures 6a et 8i) décrit un dispositif pour un procédé du prototypage rapide, comprenant :

- des moyens pour induire la transformation de la matière première dans un champ de travail,
- des moyens d'alimentation en matière première,
- un racleur comportant au moins un organe rouleau,
- des moyens pour effectuer au moins une phase de recouvrement, lesdits moyens comprenant des moyens d'entraînement en translation du racleur et des moyens d'entraînement en rotation du (ou des) organe(s) rouleau,
- des moyens pour déplacer les volumes déjà transformés par rapport au champ de travail,

La revendication 11 diffère du D1 par le fait que ledit racleur comporte au moins un organe poussoir dont le bord proximal est apte à coïncider sensiblement avec la surface du champ de travail lors du parcours du racleur, l'organe rouleau étant situé en vis à vis dudit organe poussoir et en aval de celui-ci par rapport à la direction de recouvrement, l'axe de rotation de chaque rouleau étant situé en vis à vis de l'organe poussoir.

Ni D1 ni aucun des documents cités dans le rapport de recherche n'anticipe ou ne suggère de manière évidente un tel organe poussoir.

Par conséquent, la revendication 11 remplit les conditions énoncées dans les articles 33(2) et (3) PCT.

Revendication indépendante 19

D1 décrit (cf. Figure 9b) un dispositif de prototypage rapide, comprenant :

- des moyens pour induire la transformation de la matière première dans un champ de travail,
- des moyens d'alimentation en matière première,

THIS PAGE BLANK (USPTO)

- au moins un racleur comportant au moins deux organes pousseurs disposés face à face,
- des moyens pour effectuer au moins une phase de recouvrement, lesdits moyens comprenant des moyens d'entraînement en translation du racleur selon un mouvement de va-et-vient.

La revendication 19 diffère du D1 par le fait que le dispositif comporte des moyens pour assurer une élévation de l'organe pousseur située en aval dans la direction de déplacement du racleur par rapport à la surface du champ de travail, de sorte que l'organe pousseur en position élevée ne transporte pas de matière première lors de son trajet et reste inactif, seul l'autre organe pousseur en amont étant actif, chaque organe pousseur étant alternativement actif ou passif selon le sens de déplacement du racleur.

Cependant, ni D1 ni aucun des documents cités dans le rapport de recherche n'anticipe ou ne suggère de manière évidente une élévation alternative des organes pousseur.

Par conséquent, la revendication 11 remplit également les conditions énoncées dans les articles 33(2) et (3) PCT.

Revendications dépendantes 2-10 et 12-18

Les revendications 2-10 dépendent de la revendication 1 ainsi que les revendications 12-18 dépendent de la revendication 11. Elles satisfont donc également, en tant que telles, aux conditions requises par le PCT en ce qui concerne la nouveauté et l'activité inventive.

Application industrielle

L'objet de la revendication est aussi de toute évidence susceptible d'application industrielle et remplit donc les conditions énoncées dans l'article 33(4) PCT.

THIS PAGE BLANK (USPTO)

la jambe verticale (43) est reliée à un chariot (CH) guidé en translation parallèlement au champ de travail, et dont la barre horizontale (42) porte au voisinage de chacune de ses extrémités un organe pousseur (40, 41), chaque organe pousseur étant tourné vers la jambe verticale (43) du T et chaque organe rouleuse étant situé entre lesdits organes pousseurs, ledit portique étant apte à basculer de façon que seul un organe pousseur à la fois soit actif au cours de la phase de recouvrement, dans un sens de déplacement donné du portique.

18. Dispositif selon l'une des revendications 11 à 17, caractérisé par le fait que lesdits moyens d'alimentation (103) sont reliés à au moins deux ouvertures (7, 8) débouchant de part et d'autre du champ de travail, pour distribuer sélectivement la matière à travers l'une ou l'autre desdites ouvertures, qui est la plus proche de la position initiale (9, 9') du racleur, avant chaque phase de recouvrement successive.

19. Dispositif de prototypage rapide, comprenant :

- des moyens pour induire la transformation (1) de la matière première dans un champ de travail (45),
- des moyens d'alimentation en matière première (103),
- au moins un racleur (40, 41) comportant au moins deux organes pousseurs disposés face à face,
- des moyens pour effectuer au moins une phase de recouvrement, lesdits moyens comprenant des moyens d'entraînement (CH, 46) en translation du racleur selon un mouvement de va-et-vient,

caractérisé par le fait qu'il comporte des moyens (47, 48) pour assurer une élévation de l'organe pousseur situé en aval dans la direction de déplacement (FA, FB) du racleur par rapport à la surface du champ de travail (45), de sorte que l'organe pousseur en position élevée ne transporte pas de matière première lors de son trajet et reste inactif, seul l'autre organe pousseur en amont étant actif, chaque organe pousseur étant alternativement actif ou passif selon le sens de déplacement du racleur.

THIS PAGE BLANK (USPTO)



DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITE DE COOPERATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(51) Classification internationale des brevets ⁷ : B29C 67/00, 41/12, 41/00	A1	(11) Numéro de publication internationale: WO 00/51809 (43) Date de publication internationale: 8 septembre 2000 (08.09.00)
(21) Numéro de la demande internationale: PCT/FR00/00493 (22) Date de dépôt international: 29 février 2000 (29.02.00) (30) Données relatives à la priorité: 99/02719 1er mars 1999 (01.03.99) FR (71) Déposant (pour tous les Etats désignés sauf US): OPTO-FORM SARL PROCEDES DE PROTOTYPAGE RAPIDE [FR/FR]; Rue des Sables, F-54425 Pulnoy (FR). (72) Inventeurs; et (75) Inventeurs/Déposants (US seulement): ALLANIC, André-Luc [FR/FR]; 29, rue de Solignac, F-54000 Nancy (FR). SCHAEFFER, Philippe [FR/FR]; Maison Forestière, F-54700 Atton (FR). (74) Mandataire: ABELLO, Michel; Cabinet Peuscet, 78, avenue Raymond Poincaré, F-75116 Paris (FR).		(81) Etats désignés: AE, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZW, brevet ARIPO (GH, GM, KE, LS, MW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZW), brevet eurasiatique (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), brevet européen (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), brevet OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG). Publiée Avec rapport de recherche internationale. Avec revendications modifiées.

(54) Title: FAST THREE-DIMENSIONAL MODELLING METHOD AND DEVICE, AND THREE-DIMENSIONAL PART OBTAINED BY FAST THREE-DIMENSIONAL MODELLING

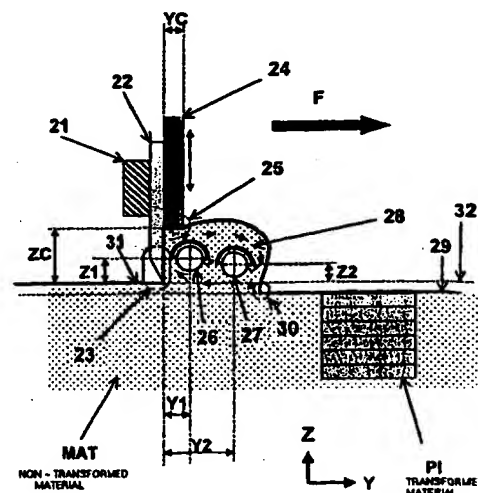
(54) Titre: PROCEDE DE DISPOSITIF DE PROTOTYPE RAPIDE, ET PIECE TRIDIMENSIONNELLE OBTENUE PAR PROTOTYPAGE RAPIDE

(57) Abstract

The invention concerns a fast three-dimensional modelling method comprising the following steps: a phase which consists in transforming the raw material in the work space (32) by means of a device inducing transformation (1); at least at one moment, a phase which consists in supplying non transformed material, downstream of the doctor blade; a phase which consists in covering the transformed material (PI) with non-transformed material (MAT), which consists in moving the blade in a direction (F), driving in rotation about an axis a rolling member (26, 27) whereon an extruded log of non-transformed raw material (28) is wound, arranging a pushing member (22) such that its proximal edge (23) coincides with the surface of said work space, and positioning said rolling member downstream of the pushing member, and opposite thereof, so as to channel the extruded log of non-transformed material towards a cavity formed between the proximal edge and the rolling member facing it.

(57) Abrégé

Procédé d'prototypage rapide comprenant les étapes suivantes: une phase de transformation de la matière première dans la champ de travail (32) grâce à un dispositif induisant la transformation (1); à au moins un instant, une phase d'alimentation en matière première non transformée, en aval du racleur; une phase de recouvrement de la matière transformée (PI) par de la matière non transformée (MAT), consistant à déplacer le racleur dans une direction (F), à entraîner en rotation autour d'un axe un organe rouleur (26, 27) sur lequel s'enroule un boudin de matière première non transformée (28), à disposer un organe poussoir (22) de façon que son bord proximal (23) coïncide avec la surface dudit champ de travail, pour pousser la matière non transformée à recouvrir le champ de travail, et à positionner ledit organe rouleur en aval dudit organe poussoir, et en regard de celui-ci, de façon à canaliser le boudin de matière non transformée vers une cavité formée entre le bord proximal et l'organe rouleur en vis à vis.



UNIQUEMENT A TITRE D'INFORMATION

Codes utilisés pour identifier les Etats parties au PCT, sur les pages de couverture des brochures publiant des demandes internationales en vertu du PCT.

AL	Albanie	ES	Espagne	LS	Lesotho	SI	Slovénie
AM	Arménie	FI	Finlande	LT	Lituanie	SK	Slovaquie
AT	Autriche	FR	France	LU	Luxembourg	SN	Sénégal
AU	Australie	GA	Gabon	LV	Lettonie	SZ	Swaziland
AZ	Azerbaïdjan	GB	Royaume-Uni	MC	Monaco	TD	Tchad
BA	Bosnie-Herzégovine	GE	Géorgie	MD	République de Moldova	TG	Togo
BB	Barbade	GH	Ghana	MG	Madagascar	TJ	Tadjikistan
BE	Belgique	GN	Guinée	MK	Ex-République yougoslave de Macédoine	TM	Turkménistan
BF	Burkina Faso	GR	Grèce			TR	Turquie
BG	Bulgarie	HU	Hongrie	ML	Mali	TT	Trinité-et-Tobago
BJ	Bénin	IE	Irlande	MN	Mongolie	UA	Ukraine
BR	Brsil	IL	Israël	MR	Mauritanie	UG	Ouganda
BY	Bélarus	IS	Islande	MW	Malawi	US	Etats-Unis d'Amérique
CA	Canada	IT	Italie	MX	Mexique	UZ	Ouzbékistan
CF	République centrafricaine	JP	Japon	NE	Niger	VN	Viet Nam
CG	Congo	KE	Kenya	NL	Pays-Bas	YU	Yougoslavie
CH	Suisse	KG	Kirghizistan	NO	Norvège	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	République populaire démocratique de Corée	NZ	Nouvelle-Zélande		
CM	Cameroun	KR	République de Corée	PL	Pologne		
CN	Chine	KZ	Kazakhstan	PT	Portugal		
CU	Cuba	LC	Sainte-Lucie	RO	Roumanie		
CZ	République tchèque	LI	Liechtenstein	RU	Fédération de Russie		
DE	Allemagne			SD	Soudan		

A RAPID PROTOTYPING TECHNIQUE AND DEVICE AND A THREE-DIMENSIONAL PART PRODUCED BY RAPID PROTOTYPING

The present invention relates to a manufacturing technique for three-dimensional parts based on computer data representing their shape, and a device embodying this technique. Creating parts by the transformation of successive volumes (generally thin layers) of a raw material in a initial and secondary state by means of a device inducing said transformation, through the repetition of a cycle specifically involving a transformation phase of the material in at least one part of the working field performed by the device inducing the transformation, and a coating phase of the transformed material by the material which is not yet transformed, is known art.

Most of the so-called "Rapid Prototyping" machines employ this type of technique, in particular stereolithography machines, which use a photosensitive liquid raw material (which may be polymerized or reticulated) combined with a lighting device (using ultraviolet laser scanning, for example), and the so-called powder sintering machines, using a raw material in the form of a powder, which may be locally sintered by thermal means (infrared laser scanning, for example).

Numerous patent applications have been filed in relation to this type of machine, in particular in the field of stereolithography. A complete description of the technique is provided in document EP 0361847, and similar techniques are also described in documents EP 0450762 and EP 0484182. In document EP 02876657 a detailed description is provided of a powder sintering technique, as well as a description of the device for the implementation of the technique.

One feature common to the stereolithography and powder sintering techniques is that they require the implementation of means to spread the raw material in the form of thin layers (to perform the coating phase), automatically, rapidly and homogeneously. In general, the coating phase consists in sweeping the surface of the working field with the aid of at least one elongated device called a recoater blade, which is placed in movement over the working field. Depending on the case, the recoater blade transports the material used for the coating, or simply levels off a previous deposit of material.

Numerous devices have been designed to embody the recoater blade. For example, in the field of powders, in document EP 02876657, there is a description of a recoater blade composed of a dynamic roller which rotates around its axis, and is placed in parallel to the working field; the lower part of the roller has the same elevation as the working field. This roller also travels carrying a volume of material located upstream and gradually spreads a new layer of material downstream, thus coating the previously transformed material.

With respect to liquid raw materials, two types of techniques can be distinguished: the specific coating process is ensured in advance on the working field by coating media (chute, spray, immersion, etc.), and the recoater blade simply levels the free surface of the liquid by means of a horizontal sweeping movement, or the recoater blade performs the coating and leveling functions simultaneously. The second mode of operation involved the transport by the recoater blade (or by associated attached media) of a volume of material sufficient to coat the zones, which have just been solidified.

Various devices have been designed for the creation of the recoater blade, for example, a simple rigid blade (cf. document EP 0361847), whose cross-section may have

THIS PAGE BLANK (USPTO)

a specific shape, or the association of two rigid elements (document EP 0484182), which are attached to brush elements laid out in staggered rows. These initial devices have not been completely satisfying.

In fact, when using a so-called "simple recoater blade," such as, for example, a blade (or any other more or less flexible equivalent), whose lower part comes in contact with the free surface of a liquid, in parallel to said free surface, stress is generated in the area of contact between the blade and the liquid. This local shear stress is transmitted to the liquid located below the free surface, at a depth much greater than the thickness of the placed layer.

In the case of the resins traditionally used in stereolithography, whose behavior is similar to that of a Newtonian liquid, with viscosities of several thousand centipoises, the recoater blade may generate movement in the liquid at a depth which may range from several millimeters to several centimeters.

The portions of solid or semi-solid material transformed during the preceding cycles represent obstacles to the liquid in movement, which translate into strong variations of the liquid's flow condition. Therefore, near the edges of the section being produced, flatness defects appear in the layer that was just spread by the recoater blade. A schematic illustration of these faults is provided in document WO 95/15842, where meniscuses (concave or convex) are depicted near the liquid-solid transition areas.

These meniscuses cause geometric faults on the parts created, and, once solidified, represent an additional impediment for the placement of the following layer, which finally, translates into an amplification of defects, incompatible with the coating device (risk of pulling up the layers, material accidents, etc.).

In order to limit these problems, it is sometimes possible to slow the speed of movement of the recoater blade, or impose a setting period prior to proceeding with the following transformation phase, but these solutions result in a substantial increase in part manufacturing time, leading to increased production costs, which may be prohibitive.

The solution proposed in document WO 95/15842, does not call into question the use of a so-called "simple recoater blade," but rather consists in creating a covering structure which closely follows the shape of the parts and has the effect of distancing the meniscus problems from the areas of said parts. This clever technique allows for the use of a "simple recoater blade" composed of a thin, elongated, flexible part, and allows for very short time frames for the coating phases. The provision of the material necessary for the coating phase takes place by the transport of a type of wave of material, formed at the start of the recoater blade's movement. The volume of material included in said wave is progressively consumed by the effect of the combination of gravity and movement.

Another solution, described in document WO 96/23647 consists in using a so-called "active recoater blade," in this case, a dynamic roller which moves in a "counter-rotation" direction, associated with a type of barrier, composed of a rectilinear blade, whose lower side is located a short distance from the upper part of the roller. A roller turning in a "counter-rotation" direction is such that any point located on its periphery when it passes the point of its trajectory closest to the working field, has a relative tangential speed with respect to the axis of rotation moving in the same direction as the speed of movement of the rotational axis of the roller with respect to the working field.

The operation of this device is illustrated in the figures attached to this document, for the case in which a prior deposit of material has take place downstream. The barrier

THIS PAGE BLANK (USPTO)

forms an obstacle to the free circulation of the liquid located downstream of the roller, all wing for the regulation of the thickness of the film formed on the upstream portion of the roller. The film's free surface meets that of the layer formed upstream, thus forming a sharp lap-back point in proximity to the lower portion of the roller. This lap-back point defines the height of the free surface of the material placed upstream, and since it is constantly fixed with respect to the roller axis, the layer may be leveled.

A detailed analysis of the physical phenomena involved is proposed in the document in order to explain the advantages of such a device with respect to a single blade (simple recoater blade), in particular with respect to the interactions with the liquid located near the recoater blade. In particular, it appears that the "counter-rotation" direction of the roller's rotation strongly attenuates such interaction, while on the other hand, a movement in the non "counter-rotation" direction, which will be called the "rolling direction" hereinafter, would induce effects of pressure resulting in the placement of a non-homogenous layer.

Different variations are proposed, in particular concerning the cross-section of said barrier and its orientation. Other variations aiming at remedying the undesirable effects of the potential accumulation of material near the blade are addressed: using an endless screw removal device, or a blade with a channeling system. Finally, two feed methods are proposed for the device: either the layer of material is deposited downstream in advance, and the recoater blade simply corrects the residual flatness defects, or the recoater blade transports a volume of liquid sufficient to provide the quantity of material necessary for the coating (as in the solution of document WO 95/15842).

There exists a range of materials which are of particular interest for Rapid Prototyping, in particular those allowing a way around the primary defect of powders (the creation of porous parts) and of acrylic or epoxy liquid resins (low mechanical strength, fragility, etc.): highly viscous, even pasty materials. These materials may be obtained, for example, by the addition of a high volumetric rate of sediment load (powder), to a bonding agent composed of photosensitive or thermosetting liquid resin. Hereinafter, pastes will be qualified as the category of materials including materials of a very high viscosity (greater than 10,000 centipoises), or "marked threshold" materials. A "threshold" material is one that does not flow (no gradient) such that the shear stress applied to it does not go beyond a minimum value. A material will be considered as having a "marked threshold" when the value of this shear stress is greater than 20 Newtons per square meter.

The known solutions for performing the coating phase are not appropriate for pastes, primarily due to their relative "insensitivity" to the effect of gravity.

In fact, first, the material just transformed by a layer of paste must be coated, which is practically impossible by means of a simple immersion technique. The solution traditionally adopted, consisting of transporting a volume of material with a scraper, placed in movement in parallel to the working field, and progressively depositing this volume of material, located downstream of the scraper, over the lower layers, is relatively difficult to implement with pastes. In order for the spreading to take place, it is indispensable for the volume of material located downstream of the scraper, near the lower edge thereof, to come in contact with the free surface of the lower layers. In fact, the volume of material is thus subjected to a strong speed gradient (speed of movement of the recoater blade for the part in contact with the scraper, and no speed whatsoever for

THIS PAGE BLANK (USPTO)

the part in contact with the lower layers), generating the shear stress required to obtain the indispensable flow of material upstream. As long as gravity ensures a descending flow of the volume of material located downstream, with sufficient speed to offset the flow of material consumed by the spreading, this indispensable contact may be maintained. However, if the contact is broken, the volume of material upstream is simply transported, without being spread. Now, with pastes, the flow induced by the effect of gravity on the volume downstream of the scraper is very weak (given the high viscosity), and may even be nonexistent if its flow threshold is sufficiently high. Consequently, even if a volume of material is provided downstream of the scraper from the start, which is theoretically sufficient to ensure the desired coating, there is still the risk of "detachment," or coating defects (formation of "holes" in the deposited layer), which are incompatible with the manufacturing technique.

Of course, in order to skirt the problem, one could consider performing a prior deposit of material, while the scraper would simply play a leveling role. However, it is not easy to perform such a prior deposit. In fact, transfer means adapted to pasty materials would have to be used (special pumps), in order to ensure their placement over the working field, thus leading to additional costs and complexity, especially if we wish to maintain strict control of the delivery of the material. In addition, so as not to risk "detachment," a continuous excess of material would have to be supplied downstream. Now, this would imply a progressive accumulation of material on the scraper during its path over the working field, and thus the need to implement means to eliminate the volume thus accumulated.

The technique embodied by the invention allows for the resolution of these problems. In order to simplify the following description, we have chosen to implicitly address the specific case in which the working field is horizontal (allowing for the use of expressions such as "over," "the lower edge," etc.). This rhetorical choice should not be interpreted as limiting the scope of the invention, to the extent that with pastes, the technique embodied by the invention may operate with a non-horizontal working field, and even with a working field presenting a curved surface.

In accordance with one embodiment of the invention, during at least one of the coating phases, said coating phase employs at least one recoater blade placed in movement to perform the various coating phases. Said recoater blade is composed of at least one elongated element called the pusher, whose lower edge covers a surface coinciding with the surface of the working field during the trajectory of the recoater blade over the working field. A type of extruded log of raw material, that is an elongated volume of raw material is formed and placed against the lower edge of the pusher, downstream, with the lower portion of the log being located in proximity to the surface of the working field, and the extruded log of raw material is placed in rotation around its own axis, by means of at least one device called a roller, located downstream of the pusher, with said roller being placed in rotation around an axis in parallel to the recoater blade.

Thus, a rapid recycling of the raw material near the lower edge and downstream of the pusher is ensured, allowing for the resolution of the problem of "detachment" referenced above, and the extruded log is transported by the pusher over the surface of the working field.

THIS PAGE BLANK (USPTO)

As an advantage, in accordance with the invention, said extruded log of raw material is placed in rotation in the "rolling direction." In fact, this direction of rotation allows the material composing the lower portion of the extruded log to move with a speed component opposite that imposed by the movement of the pusher, which contributes to limiting the interaction with the lower layers and thus limiting the scope of the resulting defects (meniscuses).

In accordance with the invention, the extruded log of raw material formed downstream of the pusher may be transported by a non-sliding rolling movement over the working field, by adapting the speed of rotation specific to the raw material to the speed of movement of the pusher. This specific method of transporting the raw material ensures a relative speed of virtually zero for the material located in the lower portion of the extruded log, with respect to that of the lower layers, when it comes in contact with said lower layers, which contributes strongly to a "gentle" placement, as if a film of paste were rolled onto the lower layers. It is sufficient for the portion of material located near the exterior surface of said extruded log to maintain this non-sliding rolling movement in order to obtain the desired effect (potential internal movements of the material within the log, which do not conform to the non-sliding rolling conditions, are acceptable). Pastes obtained by the addition of a sediment load into a liquid bonding agent are generally opaque, and only the exterior surface of the material log is visible. For this reason, in order to obtain the desired beneficial effect, it is considered that the material log should be transported with an "apparent" non-sliding rolling movement.

In accordance with the invention, in order to supply the recoater blade with the raw material necessary for the coating, we proceed as follows: along the recoater blade's trajectory, through a feed mechanism, at least one volume of raw material is formed whose upper portion extends above the surface defined by the lower edge of the pusher when the recoater blade is in motion, in such a way that, during its trajectory, the recoater blade levels off said extended portion of raw material and transports it in the direction of the working field to coat the previously transformed material. This feed method allows, in particular, for the movement of the feed zone outside of the working field, and avoids the implementation of mobile feed methods. As a variation, a continuous feed of non-transformed, raw material can also be envisioned.

It is advantageous to use raw materials which, in their initial state, are pasty materials presenting a marked flow threshold. In fact, with such materials, the depth at which movements are caused in the lower layers is limited, since these movements can only take place at a level of minimal stress (the flow threshold). Now, the lower said depth is, the less the risk of the appearance of meniscuses.

In a variation of the invention, the reversal of the direction of movement of the recoater blade takes place at least once to perform two successive coating phases (whether separated or not by a transformation phase). This method allows us to avoid the recoater blade traveling over a recycling path, which would be necessary if the coating phase were always performed in the same direction. Within the framework of this variation of the invention, it is advantageous to form the log of raw material between two pushers laid out in parallel (at least one roller being placed in the space between the two pushers), in such a way that, at the time the movement of the recoater blade is reversed, there is always an extruded log downstream of a pusher. In fact, as described in the commentary on figure 3, the log may be detached from the pusher with which it was in

THIS PAGE BLANK (USPTO)

contact, and be recovered by the second pusher after the movement is reversed. Thus, it is possible to resolve the need to provide material prior to each coating phase.

In accordance with the invention, the two pushers may be independent or linked by a single piece structure with an inverted U or other shape.

It is not necessary to have more than one roller, since given that it is placed between the two pushers, it may be used in alternation with one or the other, potentially by adapting its direction of rotation to the direction of movement. As illustrated in figure 3, it may be advantageous for the implementation of this variation of the technique in accordance with the invention, to create a recoater blade comprised of at least two pushers connected to a common chassis, with said chassis being linked to the recoater blade's control and drive mechanism by means of a pivot hinge.

As an advantage, an appreciable elevation of the pusher, located downstream (in the direction of movement of the recoater blade) is ensured, with respect to the surface of the working field, so that it is not loaded with raw material, during its passage over the working field, while it levels off the potential menisci created during the preceding coating phase. After the reversal of the recoater blade's direction of movement, the raw material thus accumulated on the pusher runs the risk of being placed haphazardly on the working field, which would lead to the placement of an irregular layer.

The device embodied by the invention may be comprised as follows:

- of means to induce the transformation of the raw material on a working field.
- of means to perform the coating phases using at least one recoater blade comprised of at least one pusher, said pusher being comprised of a mechanical element, elongated in shape, whose lower edge defines a surface which coincides with the surface of the working field during the trajectory of the recoater blade over the working field, and at least one roller, comprised of a mechanical element, elongated in shape, placed in parallel to the pusher, downstream of said pusher, and placed in rotation by a drive mechanism around an axis parallel to the pusher, with said recoater blade(s) placed in movement in parallel to the working field through coating phases undertaken by means of control and drive mechanisms.
- of means to move the volumes already transformed with respect to the working field.
- potentially, a container to hold the material.
- of means to control the various elements of the device.
- of a raw material feed mechanism.

In order to easily obtain the formation of an extruded log of raw material, rolling on its own axis near the lower edge of the pusher and downstream of said pusher, it is of interest to place the roller, with respect to the pusher, in such a fashion that it ensures the existence of a sufficiently large space between the surface of the previously placed layer and the lower portion of said roller. In fact, such a space allows the material located downstream of the pusher, near the lower edge of the roller, to circulate along the circular path imposed by the movement of the roller, without being "stopped" or deviated from its trajectory, by the fixed material in the lower layers (in particular, the transformed portions) with which it comes in contact. This local looping flow around the axis of the roller, downstream of the pusher, allows for the initiation of the desired formation of the material log, and when it is complete, the maintenance of its rotating movement. It can be confirmed that with a space at least equal in height to the thickness of the layer to be

THIS PAGE BLANK (USPTO)

placed, the formation of the log and its rotation are simple to obtain with pastes of limited thickness; for thicker pastes, it is preferable to have a space significantly greater than the thickness of the layer being placed. In order to determine this minimum height of the space (thickness of the layer being placed), it is sufficient to place the axis of rotation of the roller at a height greater than that of the lower edge of the pusher, the difference in height between the roller's rotational axis and the lower edge of the pusher being at least equal to the value of the largest radius of the circles described by the material points of the roller during its rotating movement.

The device embodying the technique in accordance with the invention may be such that the roller's rotational axis is determined in relation to the lower edge of the pusher, downstream of said pusher, at a height greater than or equal to the largest radius of the circles described by the material points of the roller during its rotating movement.

As an advantage, the roller's direction of rotation is in the "rolling direction," which allows it to provide the material log being transported a direction of rotation in the "rolling direction."

It is of interest to choose a pusher whose side facing the roller presents a protuberance in parallel to the lower edge of the pusher, with said protuberance presenting a marked angular portion. In fact, this creates a type of cavity in the lower portion of the pusher, which, combined with the action of the roller and the movement of the pusher, contributes to the channeling of the material transported by the recoater blade in the form of the rolling log. It is also of interest to be able to easily adjust the height of said protuberance, for example with the help of a plated part added to the downstream side of the pusher, as illustrated in the attached figure 2. In fact, it has been confirmed that this parameter (height of the protuberance) allows for the optimization of the coating quality performed as a function of the rheological characteristics of the treated material. Consequently, with such a "geometrically variable" pusher, optimal treatment can be provided for a wide variety of pastes, by a simple mechanical adjustment, rather than having to change the pusher with each change of material.

It is advantageous to choose a pusher that presents a tapered lower edge. In fact, it has been confirmed that for very thick pastes, the quality of the layers was significantly improved by the implementation of a pusher with a relatively sharp lower edge. It is of interest for this sort of cutting tool, to experiment with the cutting and clearance angles in order to optimize it for the specific characteristics of each material. With pastes, it is often difficult to ensure a perfect homogeneity of the material, which may restrict the technique. For example, in the case where air bubbles are caught in the paste during mixing, this may lead to the appearance of "holes" after the material is spread. In order to resolve this problem, it is of interest to have the recoater blade cover a certain start-up path outside the working field, but near its border. In fact, during this start-up path, prior to entering into continuous operation, the recoater blade in accordance with the invention blends the material located downstream of it and this blending has the effect, on the one hand, of homogenizing the material initially delivered, and on the other, of shaping the material so it obtains the desired log form.

In the event that large surfaces are to be coated, with a significant thickness of material, a large volume of material must be provided from the start, which makes the initial blending operation more difficult. In addition, the volume of material progressively diminishes during the coating operation, which may, in certain cases, require a

THIS PAGE BLANK (USPTO)

progressive adaptation of the operating parameters. Such an adaptation may be easily undertaken with respect to the rotation speed of the roller and the speed of movement of the recoater blade, but providing the means to progressively change the geometric parameters of the recoater blade configuration during the recoating is much more delicate.

The addition of a second dynamic roller with independent rotation allows for the improvement of the operation of the recoater blade in accordance with the invention. In fact, with a recoater blade comprised of a pusher and at least two rollers, a more efficient blending may be obtained than with a single roller, and the effects linked to the evolution of the volume of transported material can also be attenuated. In fact, the volume of the material in circulation near the roller closest to the lower edge of the pusher changes little. This change is transferred to the second roller, which, since it is farther away from the lower edge of the pusher, has little impact on the coating operation.

When the volume of transported material is significant, it is not easy to channel the flow of material with a single roller, especially if a movement of the log approaching a non-sliding rolling movement over the working field is desired. This is why it is advantageous for the embodiment of the recoater blade, to use at least two rollers, which have rotational movement in the "rolling direction."

For the embodiment of the recoater blade in accordance with the invention, numerous variations may be implemented: the geometric form of the cross-section of the pusher may or may not be constant along the pusher, the roller may be selected in the family of prismatic bars with circular, square or triangular cross-sections, the number of rollers may also be greater than two, several recoater blades may be associated to perform simultaneous passes (initial shaping or finishing, for example) over the same area, etc.

To provide a better understanding of the object of the invention, several embodiments depicted in the attached drawings will be described as illustrative examples, without limitation. On these drawings:

- figure 1 shows a partial perspective view of a device for the embodiment of the technique in accordance with the invention;
- figure 2 shows a partial longitudinal cross-section of the preferred embodiment of a recoater blade for the implementation of the invention;
- figure 3 shows three side views of an example of one specific embodiment of the coating phases in accordance with the invention, with reversal of the recoater blade's direction of movement in stage 3B in order to perform two successive coating phases in stages 3A and 3C.

Figure 1 shows a perspective of a device for the embodiment of the technique in accordance with the invention. A device to induce transformations 1 in a working field 104, is laid out over the center of a frame 2 comprised of a rectangular part (with dimensions of LX along the X-axis and LY along the Y-axis) whose upper side is flat, with the frame being linked to a control and drive mechanism 3 through a connector 4. A table T whose upper side 5 is flat and horizontal, with a rectangular opening 6 with dimensions greater than LX along the X-axis and greater than LY along the Y-axis, is laid out in such a way that, when it moves, the frame 2 can pass through said opening 6. Two other elongated openings (7, 8), with lengths approximately equal to LX, laid out in parallel to the X-axis, a short distance from the edge of the opening 6, also fall within said table T. An elongated recoater blade 9, linked to the control and drive mechanism

THIS PAGE BLANK (USPTO)

101 to be moved along a horizontal path along the Y-axis, may move from an initial position (the position indicated by the solid line) to a final position (9': the position of the recoater blade indicated by the dotted line). Material feeder mechanisms 103, comprised, for example, of plungers initially filled with material, or a pump device, are linked to the openings 7 and 8 in order to allow for the deposit of material, in the upward direction Z, through said openings 7 and 8. Openings 6, 7 and 8 are located in a low-lying area, defined by contour 10, in which the upper side of the table is flat and horizontal, but whose height is slightly lower than that of side 5.

The control mechanism 102, linked to elements 1, 3, 101 and 103 allow for the control of the device.

Initially, the frame 2 is driven to a position such that the upper side coincides with the upper side of table T. The material is distributed through openings 7 and 8 and the recoater blade 9 undertakes a back and forth movement between its two end positions, so that the space covered in the low-lying area is progressively filled in with material, the free surface of the material coinciding with the plane of side 5, and the upper side of the frame 2 being coated with a thin layer of material. At this stage the manufacturing cycle may start: an initial transformation phase is performed with the help of the device 1, such that the transformed portions adhere to the frame 2, then the frame 2 is moved downward, at a distance corresponding to the thickness of the desired layer. It is assumed that the recoater blade is located in position 9, the material is distributed by opening 7, then the recoater blade moves to position 9', performing the desired coating. Another transformation phase may then be performed, then, after the descent of the frame 2, the feeding of material through opening 8, and the return of the recoater blade to the initial position 9, it is ready to perform another transformation phase. The cycle may be undertaken in this fashion as many times as necessary to stack a sufficient number of layers for the complete creation of the part. At the end of manufacturing, the frame is coated with a type of parallelepiped of material, formed by the stacking of layers, and the part is included in this volume of material. The frame is then disengaged downward, for post-processing operations on the part (elimination or recovery of the material surrounding the part, cleaning, finishing, etc.).

The succession of operations is controlled by a computer control mechanism (102) linked to the various elements of the machine (1, 3, 101, 103).

Figure 2 shows a cross-section of a preferred embodiment of a recoater blade in accordance with the invention. The pusher is comprised of two parts (22, 24) with a constant cross-section, linked to a chassis 21. The chassis is linked, directly or otherwise to the control and drive mechanisms (not depicted). The part 22 has a tapered shape in its lower portion 23. Part 24 may be moved vertically (Z-axis), and has an angular portion 25 in its lower part comprising a protuberance with respect to the side of part 22 in contact with the raw material 28, such that the height at which said protuberance is located is easily adjustable in order to allow for adaptation to different types of materials. Two rollers, 26 and 27, comprised of cylinders laid out in parallel to the pusher, are linked to the chassis 21 by brackets (not depicted) and each one is also linked to a drive mechanism (not depicted) so they may be rotated in the "rolling direction." The recoater blade assembly thus comprised is moved along the Y-axis (in the direction indicated by the arrow F), driving a volume of material 28, which, due to the rotation movement of the rollers, comes to form a type of log with a virtually constant cross-section along its axis,

THIS PAGE BLANK (USPTO)

rolling on itself along a rotational axis parallel to the recoater blade (this rotation of the driven material is indicated by the small arrows inside volume 28), in accordance with the technique embodied by the invention, and rolling on the free surface of the previously deposited material (represented by plane 29). Near area 30, a portion of the transported volume of material is placed on the surface 29 (downstream feeding), this deposit being leveled off by the lower edge of the pusher near area 31, to create, upstream, a new free surface of material, coinciding with the height of working field 32. The essential adjustment parameters of this device are the following: D1 and D2, the respective diameters of cylinders 26 and 27; A1 and A2, the respective angular speed of rotation of cylinders 26 and 27; (Z1 and Y1) and (Z2 and Y2), the coordinates of the respective axes of parts 26 and 27 with respect to the point of contact between the surface 32 and the lower part of the part 22; ZC and YC, the dimensions of the cavity formed by the assembly of parts 23 and 24 (ZC being easily adjustable by moving the part 24), and finally VY, the speed of the assembly's movement.

In the preferred embodiment of the invention, the values selected are the following: D1 and D2, between 2 and 20 mm; A1 and A2, between 10 and 1500 turns/minute; Z1 (and respectively, Z2), between 0.5 and 4 times D1 (and respectively, D2); Y1 (and respectively, Y2), between 0.5 and 6 times D1 (and respectively, D2), YC, between 0.5 and 10 millimeters; ZC, between 2 and 20 millimeters, and VY, between 1 and 200 millimeters/second.

If the distance ZC is significantly greater than the distance Z1 or Z2, the material located in area 23 risks being sucked upward, which could lead to a detachment of the material, or even a lack of material at the level of area 23. On the other hand, the closer the distance ZC is to the distance Z1 or Z2, the more part 24 will compress the material downward into area 23. A good compromise would consist in providing a distance ZC roughly equal to two times distance Z1 in order to balance the upward force of the material caused by roller 26, with the compressing force of the material from protuberance 24.

In addition, it is beneficial to provide the angular portion 25 with a lap-back point, in order to avoid the uprooting of the material along part 24 leading to a detachment of the material with respect to the pusher and the roller.

Figure three shows a recoater blade comprised of the combination of two identical assemblies in a "face-to-face" configuration, allowing for the reversal of the direction of recoater blade's movement between two successive coating phases (back and forth movement). The operation of this device is drawn up in three stages (3A, 3B and 3C).

The two assemblies 40 and 41 are each comprised, in the depicted example, of a pusher and two rollers in a symmetrical configuration such that the rollers are located in the space between the two pushers.

This association is undertaken by two T-shaped parts located at the ends of the elongated assembly formed by the two recoater blades, forming a sort of frame. In the drawing's side view, only one of the ends of the frame has been depicted. The T-shaped part depicted, comprised of a "horizontal" bar 42, and a "vertical" leg 43, is linked to a carriage CH, driven in parallel to the working field represented by line 45, the link being made by means of a pivot hinge P. The lower extremity of the T is linked, in the depicted example, by a second pivot hinge P', to the drive mechanisms comprised here of a belt 46 with a portion parallel to the working field 45, said belt being driven by a drive mechanism (motor, pulley, etc., not depicted). Two adjustable stops (47, 48) located on

THIS PAGE BLANK (USPTO)

the carriage CH, allow for the limitation of the sweeping movement of the T-shaped part. In figure 3A, a force directed along arrow FA is applied to the belt, provoking a sweeping of the frame in the direction indicated by arrow B. When the part 43 comes in contact with the stop 47, the frame is blocked in its pivot movement and is driven in the direction of arrow FA. The adjustment of the stop 47 allows for the height of the layer deposited by the part 40 of the recoater blade to coincide with the working field 45. The log of material 49 has been depicted near the portion 40 of the recoater blade; this volume of material is transported in the direction FA in order to perform the coating. In figure 3B, the force applied to the belt is reversed (direction FB), which translates into a sweeping of the frame in the direction B'. During this sweeping, the log of material 49 remains in contact with the working field 45, and leaves contact with the part 40 of the recoater blade which is lifted with respect to the surface 45 at the time of the sweeping. In figure 3C, the sweeping movement initiated in figure 3B is completed and the part 43 comes in contact with the stop 48. The adjustment of the stop 48 is such that the height of the layer deposited by part 41 of the recoater blade coincides with the working field plane 45, so that, at the time of the movement (in the direction of arrow FB, once the sweeping is completed), the part 41 of the recoater blade is loaded with the volume of material 49 in order to perform a coating of the working field. It is confirmed that in the back and forth movement over the working field, the material is transferred from one recoater blade to the other (or, if we consider the assembly as a single recoater blade, from one side to the other), which allows for the potential feeding of the assembly on a single occasion to perform several successive coating phases. Thus, a single material distribution area is defined, rather than two zones (openings 7, 8) depicted in the case of figure 1.

The sweeping around a pivot allows for the very simple performance of an elevation of the lower portion of the pusher of the (inactive) recoater blade located downstream, in order to avoid this inactive pusher's wearing down the material in the event that the free surface of the material presents defects (meniscuses rising upward), which would lead, as indicated above, to risks of haphazard placement of material during the return of this inactive pusher (which then becomes the active pusher).

THIS PAGE BLANK (USPTO)

CLAIMS

1. A rapid prototyping technique for the production of three-dimensional parts by the transformation of successive volumes of a raw material in an initial state and a secondary state, by means of a device inducing said transformation (1), and at least one recoater blade (9, 40, 41) comprised of at least one roller (26, 27), wherein said technique includes the repetition of a cycle including the following stages:

- at least one transformation phase of the raw material in at least one part of a working field (104, 32, 45) by means of the device inducing the transformation (1).
- at least one coating phase of the transformed material (PI) by the non-transformed material (MAT), said coating phase consisting in particular in the movement of the recoater blade in a given coating direction (F) and driving said roller around an axis on which at least part of a log of non-transformed raw material (28, 49) is rolled. Said technique includes, on at least one occasion, at least one non-transformed raw material feeding phase, downstream of the recoater blade, characterized by the fact that it consists, in at least one coating phase, in placing a part known as the pusher (21) of said recoater blade so that the proximal edge (23) of said pusher coincides with the surface of said working field during the trajectory of the recoater blade in the direction of said coating (F), in order to push the non-transformed material to coat the working field, and in positioning said roller downstream of said pusher, with respect to the direction of coating and with respect to said pusher, so as to channel the log of non-transformed material (28, 49), circulating along a looping path around one or more of the above-mentioned rollers, toward a cavity between the proximal edge (23) of the pusher and the opposite roller.

2. A technique in accordance with claim 1, characterized by the fact that it consists in driving the roller (26, 27) in rotation in a direction such that the log of material (28, 49) presents in its proximal part at the level of the working field, a speed component in the direction opposite the above-mentioned direction of coating (F).

3. A technique in accordance with claim 2, characterized by the fact that it consists in driving the roller (26, 27) with a speed (A1, A2) such that the log of material rolls without sliding on the working field, in order to leave the material located on the proximal portion (30) of said log deposited at a speed of virtually zero on the working field.

4. A technique in accordance with one of the foregoing claims, characterized by the fact that, during at least one feeding phase, the technique consists in feeding the non-transformed raw material onto the working field so that said volume of raw material thus fed presents a protruding portion with respect to the surface (32, 45) defined by the proximal edge (23) of the pusher (21) when the recoater blade moves in the direction of the coating (F), such that said recoater blade, during its trajectory, levels off said protruding portion of the raw material and pushes it in the direction of the working field in order to coat the previously transformed material (PI).

5. A technique in accordance with claims 1 through 4, characterized by the fact that said raw material in its initial state is a pasty material presenting a viscosity greater than approximately 10,000 centipoises or presenting a flow threshold such that the material does not flow when a shear stress applied to it remains lower than 20 N/m^2 .

6. A technique in accordance with claims 1 through 5, characterized by the fact that it consists in providing a recoating blade with at least two pushers (40, 41) face-to-

THIS PAGE BLANK (USPTO)

face, between which is placed at least one roller, moving said recoater blade in a direction (FA) so that the log of material (49) is formed between the first pusher (40) and a roller during a coating phase, and reversing the direction of movement (FB) of said recoater blade, at the time of the successive coating phase, whether or not it is separated by a transformation phase, in order to detach the log of material (49) from the first pusher and transfer it between a roller and the second pusher (41), each pusher alternating between active and inactive status, depending on the recoater blade's direction of movement.

7. A technique in accordance with one of the foregoing claims, characterized by the fact that it consists in providing at least two rollers (26, 27) around both of which the log of material (28, 49) circulates in a loop, in order to distance the blending of the material from the proximal edge (23) of the pusher during the coating phase.

8. A technique in accordance with one of the foregoing claims, characterized by the fact that it consists in providing a protuberance (24) to the right of the pusher (21), extending in the direction of the roller (26) and at a distance (ZC) from the proximal edge (23) of the pusher, in order to ensure a looping circulation of the material log (28) around the roller(s) assembly.

9. A technique in accordance with one of the foregoing claims, characterized by the fact that it consists in positioning at least one roller (26, 27) so that its rotational axis is located at a distance (Z1, Z2) from the surface of the working field (32) such that said roller and the layer of previously transformed material (PI) define a space of at least the thickness of the layer of non-transformed material to be applied.

10. A technique in accordance with claims 1 through 9, characterized by the fact that it consists in moving the recoater blade (9, 40, 41) over a defined start-up path, in an area outside the working field, near the border thereof, so that the recoater blade blends the material located downstream of it, homogenizing the material provided and shaping the material into the form of a log.

11. A device embodying the technique in accordance with one of the foregoing claims, including:

- means to induce the transformation (1) of the raw material in a working field (104, 32, 45),
- a raw material feed mechanism (103);
- a recoater blade (9, 40, 41) including at least one roller (26, 27),
- means to perform at least one coating phase, including drive mechanisms for the recoater blade and for the rotation of the roller(s),
- means (2, 3, 4) to move the previously transformed volumes (PI) with respect to the working field,

characterized by the fact that said recoater blade (9, 40, 41) includes at least one pusher (21) whose proximal edge (23) is apt to coincide with the surface of the working field during the recoater blade's trajectory, with the roller being located opposite said pusher and downstream thereof with respect to the direction of the coating (F), and with the rotational axis of each roller being located opposite the pusher.

12. A device in accordance with claim 11, characterized by the fact that the axis of each roller (26, 27) is located at a distance (Z1, Z2) from the proximal edge (23) of the pusher (21) which is greater than the distance between said axis and the most distant peripheral point of said associated roller.

THIS PAGE BLANK (USPTO)

13. A device in accordance with claims 11 or 12, characterized by the fact that the pusher (21) presents a protuberance (24) projecting out in the direction of the roller (26) and on the side opposite the proximal edge (23) of the pusher, with respect to the axis of said roller, in order to define a circulation channel for the log of material (28) around the roller, in proximity to the pusher.

14. A device in accordance with claim 13, characterized by the fact that said protuberance (24) presents a free, tapered end (25) at the level where the log of material (28) detaches from the protuberance.

15. A device in accordance with claims 11 through 14, characterized by the fact that at least one of the pushers includes a tapered proximal edge (23).

16. A device in accordance with claims 11 through 15, characterized by the fact that it includes at least one recoater blade (40, 41) including at least two pushers laid out face-to-face, with at least one roller placed in the space between said pushers, with said recoater blade linked to a drive mechanism (CH) appropriate for moving said recoater blade in parallel to the working field, with the link between the recoater blade and the drive mechanism appropriate to ensure the elevation of the pusher located downstream during the movement of the drive mechanism.

17. A device in accordance with claims 11 through 16, characterized by the fact that it includes a T-shaped frame whose vertical leg (43) is linked to a carriage (CH) driven in parallel to the working field, and whose horizontal bar (42) is connected at each of its ends to a pusher (40, 41), with each pusher being turned toward the vertical leg (43) of the T and each roller located between said pushers. Said frame is able to sweep so that only one pusher at a time is active during the coating phase, in a given direction of movement of the frame.

18. A device in accordance with claims 11 through 17, characterized by the fact that said feed mechanism (103) is linked to at least two openings (7, 8) opening on both sides of the working field in order to selectively distribute the material through one opening or the other, whichever is the closest to the initial position (9, 9') of the recoater blade, prior to each successive coating phase.

19. A three-dimensional part obtained, in accordance with the rapid prototyping technique, by the transformation of successive volumes of a raw material in an initial state and a second state, characterized by the fact that said raw material is a pasty material presenting a flow threshold such that the material only flows when a shearing limit applied to it exceeds approximately 20 N/m².

20. A rapid prototyping device including:

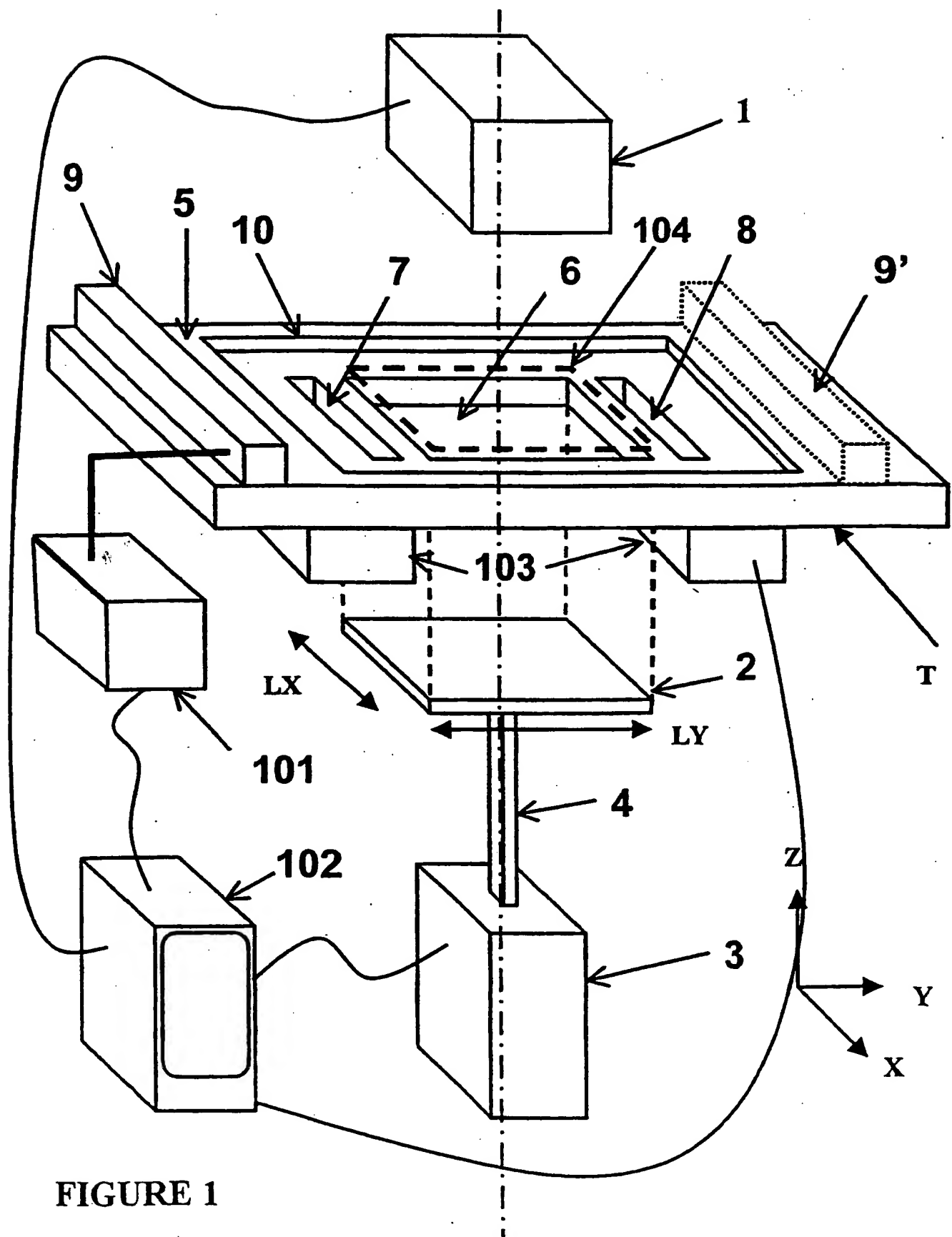
- means to induce the transformation (1) of the raw material in a working field (45);
- a raw material feed mechanism (103),
- at least one recoater blade (40, 41) including at least two pushers placed face-to-face,
- means to perform at least one coating phase, including a drive mechanism (CH, 46) to move the recoater blade back and forth,

characterized by the fact that it includes means (47, 48) to ensure the elevation of the pusher located downstream in the direction of the recoater blade's movement (FA, FB) with respect to the surface of the working field (45), so that the pusher in the elevated position does not transport raw material during its trajectory and remains inactive, while

THIS PAGE BLANK (USPTO)

only the other pusher located upstream is active, with the pushers alternating between active and passive status depending on the direction of the recoater blade's movement.

THIS PAGE BLANK (USPTO)



THIS PAGE BLANK (USPTO)

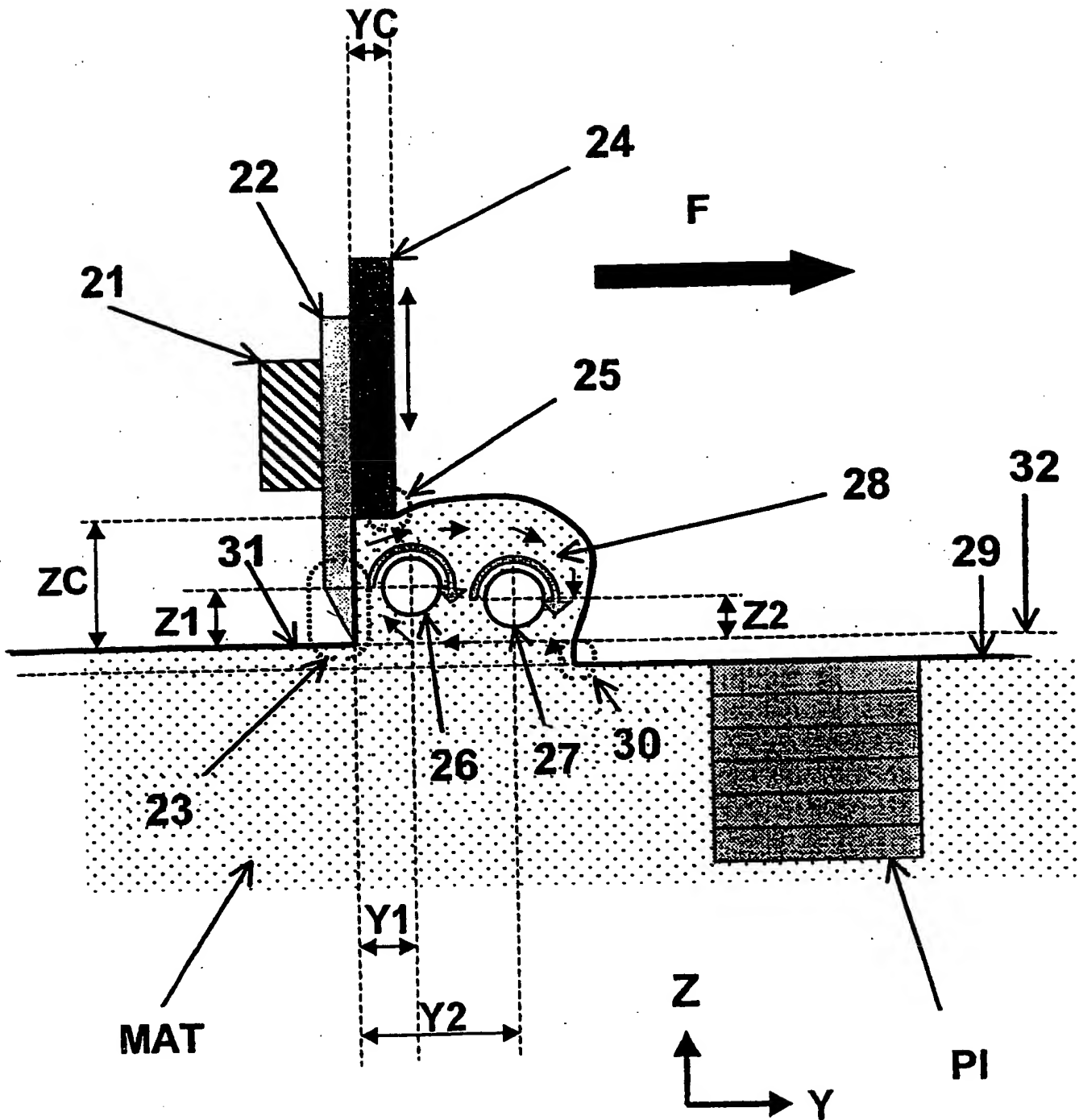
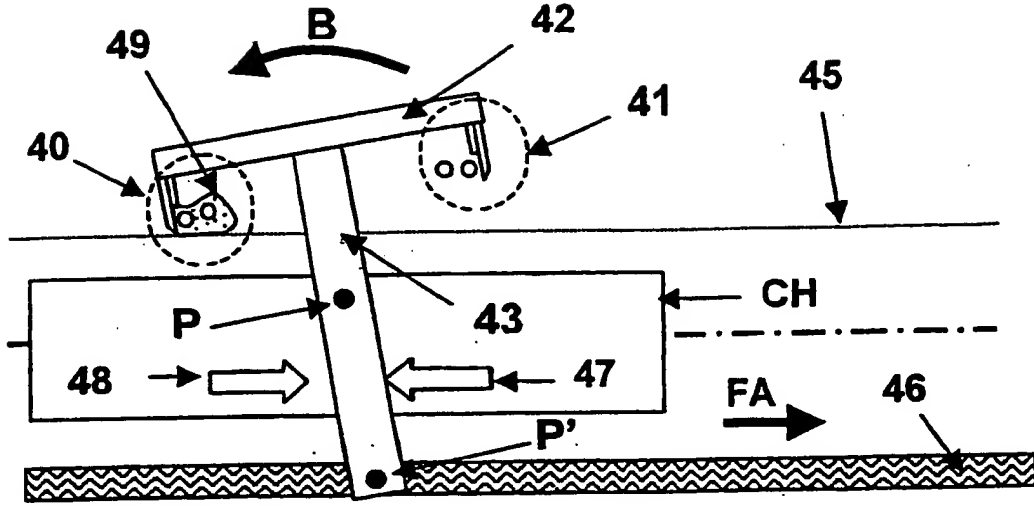


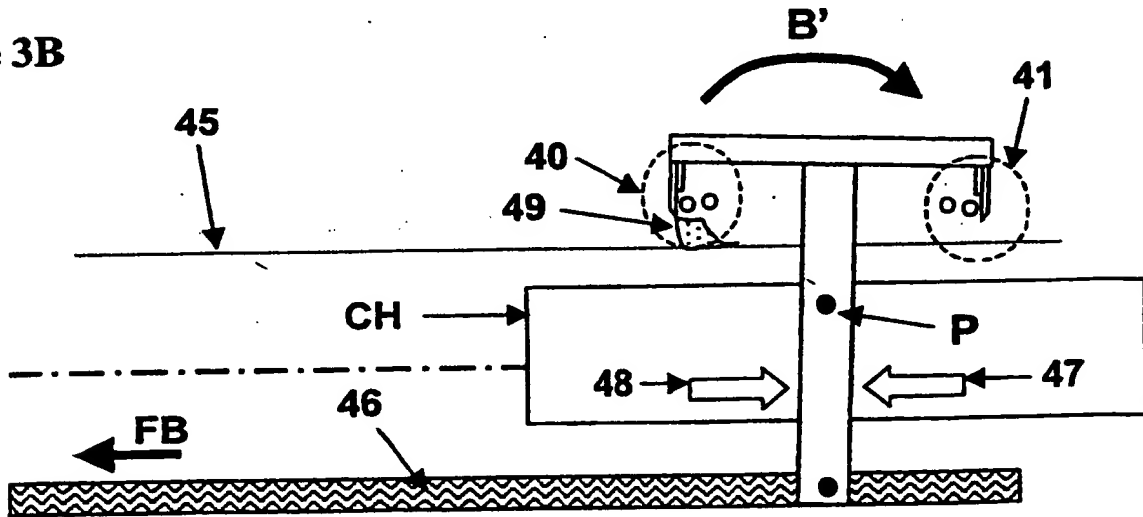
FIGURE 2

THIS PAGE BLANK (USPTO)

Etape 3A



Etape 3B



Etape 3C

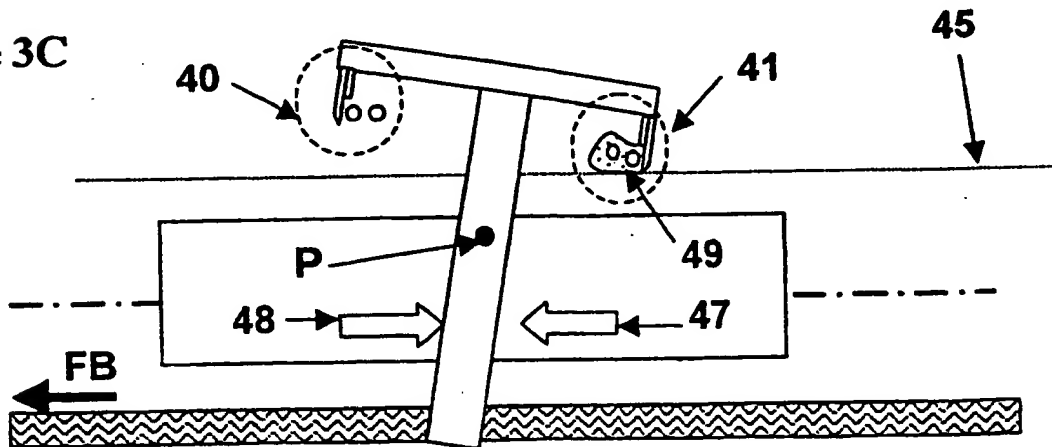


FIGURE 3

THIS PAGE BLANK (USPTO)

AMENDED CLAIMS

[received by the International Office on July 11, 2000 (7/10/00);
claim 19 deleted; other claims remain unchanged (1 page)]

vertical leg (43) is linked to a carriage (CH) driven in parallel to the working field, and whose horizontal bar (42) is connected at each of its ends to a pusher (40, 41), with each pusher being turned toward the vertical leg (43) of the T and each roller located between said pushers. Said frame is able to sweep so that only one pusher at a time is active during the coating phase, in a given direction of movement of the frame.

18. A device in accordance with claims 11 through 17, characterized by the fact that said feed mechanism (103) is linked to at least two openings (7, 8) opening on both sides of the working field in order to selectively distribute the material through one opening or the other, whichever is the closest to the initial position (9, 9') of the recoater blade, prior to each successive coating phase.

19. A rapid prototyping device including:

- means to induce the transformation (1) of the raw material in a working field (45),
- a raw material feed mechanism (103),
- at least one recoater blade (40, 41) including at least two pushers placed face-to-face,
- means to perform at least one coating phase, including a drive mechanism (CH, 46) to move the recoater blade back and forth,

characterized by the fact that it includes means (47, 48) to ensure the elevation of the pusher located downstream in the direction of the recoater blade's movement (FA, FB) with respect to the surface of the working field (45), so that the pusher in the elevated position does not transport raw material during its trajectory and remains inactive, while only the other pusher located upstream is active, with the pushers alternating between active and passive status depending on the direction of the recoater blade's movement.

THIS PAGE BLANK (USPTO)

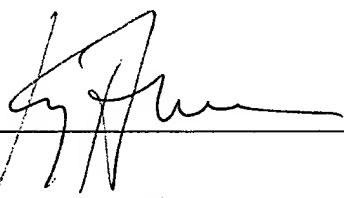
IN THE MATTER OF NATIONAL PHASE PROCESSING
IN: THE UNITED STATES OF AMERICA
OF THE INTERNATIONAL PATENT APPLICATION
PCT/FR 00/00493
FILED ON: FEBRUARY 29, 2000
THE INVENTION OF:

ALLANIC, André-Luc
29, rue de Solignac
54000 NANCY, FRANCE

SCHAEFFER Philippe
Maison Forestière
54700 ATTON, FRANCE

I, KIRK ANDERSON, a TRANSLATOR
subject of UNITED STATES OF AMERICA

do hereby declare that I am well acquainted with the English and French languages and
that the accompanying translation is a translation made by me of the above International
Patent Application. To the best of my knowledge and belief, this is a true translation.


Dated this 13th day of August, 2001

THIS PAGE BLANK (USPTO)

REVENDEICATIONS MODIFIEES

[reçues par le Bureau International le 10 Juillet 2000 (10.07.00);
revendication 19 supprimée; autres revendications inchangées (1 page)]

la jambe verticale (43) est reliée à un chariot (CH) guidé en translation parallèlement au champ de travail, et dont la barre horizontale (42) porte au voisinage de chacune de ses extrémités un organe pousseur (40, 41), chaque organe pousseur étant tourné vers la jambe verticale (43) du T et chaque organe rouleuse étant situé entre lesdits organes pousseurs, ledit portique étant apte à basculer de façon que seul un organe pousseur à la fois soit actif au cours de la phase de recouvrement, dans un sens de déplacement donné du portique.

18. Dispositif selon l'une des revendications 11 à 17, caractérisé par le fait que lesdits moyens d'alimentation (103) sont reliés à au moins deux ouvertures (7, 8) débouchant de part et d'autre du champ de travail, pour distribuer sélectivement la matière à travers l'une ou l'autre desdites ouvertures, qui est la plus proche de la position initiale (9, 9') du racleur, avant chaque phase de recouvrement successive.

19. Dispositif de prototypage rapide, comprenant :

- des moyens pour induire la transformation (1) de la matière première dans un champ de travail (45),
- des moyens d'alimentation en matière première (103),
- au moins un racleur (40, 41) comportant au moins deux organes pousseurs disposés face à face,
- des moyens pour effectuer au moins une phase de recouvrement, lesdits moyens comprenant des moyens d'entraînement (CH, 46) en translation du racleur selon un mouvement de va-et-vient,

caractérisé par le fait qu'il comporte des moyens (47, 48) pour assurer une élévation de l'organe pousseur situé en aval dans la direction de déplacement (FA, FB) du racleur par rapport à la surface du champ de travail (45), de sorte que l'organe pousseur en position élevée ne transporte pas de matière première lors de son trajet et reste inactif, seul l'autre organe pousseur en amont étant actif, chaque organe pousseur étant alternativement actif ou passif selon le sens de déplacement du racleur.

pousseur étant alternativement actif ou passif selon le sens de déplacement du racleur.

la jambe verticale (43) est reliée à un chariot (CH) guidé en translation parallèlement au champ de travail, et dont la barre horizontale (42) porte au voisinage de chacune de ses extrémités un organe pousseur (40, 41), chaque organe pousseur étant tourné vers la jambe verticale (43) du T et chaque organe rouleuse étant situé entre lesdits organes pousseurs, ledit portique étant apte à basculer de façon que seul un organe pousseur à la fois soit actif au cours de la phase de recouvrement, dans un sens de déplacement donné du portique.

18. Dispositif selon l'une des revendications 11 à 17, caractérisé par le fait que lesdits moyens d'alimentation (103) sont reliés à au moins deux ouvertures (7, 8) débouchant de part et d'autre du champ de travail, pour distribuer sélectivement la matière à travers l'une ou l'autre desdites ouvertures, qui est la plus proche de la position initiale (9, 9') du racleur, avant chaque phase de recouvrement successive.

19. Pièce tridimensionnelle obtenue, selon le procédé de prototypage rapide, par transformation de volumes successifs d'une matière première d'un premier état en un second état, caractérisée par le fait que ladite matière première est un matériau pâteux présentant un seuil d'écoulement tel que la matière ne s'écoule que lorsqu'une contrainte de cisaillement qui lui est appliquée dépasse environ 20 N/m².

20. Dispositif de prototypage rapide, comprenant :

- des moyens pour induire la transformation (1) de la matière première dans un champ de travail (45),
- des moyens d'alimentation en matière première (103),
- au moins un racleur (40, 41) comportant au moins deux organes pousseurs disposés face à face,
- des moyens pour effectuer au moins une phase de recouvrement, lesdits moyens comprenant des moyens d'entraînement (CH, 46) en translation du racleur selon un mouvement de va-et-vient,

caractérisé par le fait qu'il comporte des moyens (47, 48) pour assurer une élévation de l'organe pousseur situé en aval dans la direction de déplacement (FA, FB) du racleur par rapport à la surface du champ de travail (45), de sorte que l'organe pousseur en position élevée ne transporte pas de matière première lors de son trajet et reste inactif, seul l'autre organe pousseur en amont étant actif, chaque organe

caractérisé par le fait que ledit racleur (9, 40, 41) comporte au moins un organe pousseur (21) dont le bord proximal (23) est apte à coïncider sensiblement avec la surface du champ de travail lors du parcours du racleur, l'organe rouleuse étant situé en vis à vis dudit organe pousseur et en aval de celui-ci par rapport à la direction de recouvrement (F), l'axe de rotation de chaque rouleuse étant situé en vis à vis de l'organe pousseur.

12. Dispositif selon la revendication 11, caractérisé par le fait que l'axe de chaque organe rouleuse (26, 27) est situé à une distance (Z1, Z2) du bord proximal (23) de l'organe pousseur (21) supérieure à la distance entre ledit axe et le point périphérique le plus externe dudit organe rouleuse associé.

13. Dispositif selon les revendications 11 ou 12, caractérisé par le fait que l'organe pousseur (21) présente une protubérance (24) faisant saillie en direction de l'organe rouleuse (26) et du côté opposé au bord proximal (23) de l'organe pousseur, par rapport à l'axe dudit organe rouleuse, pour définir un canal de circulation du boudin de matière (28) autour de l'organe rouleuse, au voisinage de l'organe pousseur.

14. Dispositif selon la revendication 13, caractérisé par le fait que ladite protubérance (24) présente une extrémité libre (25) pointue, sensiblement au niveau où le boudin de matière (28) se détache de la protubérance.

15. Dispositif selon l'une des revendications 11 à 14, caractérisé par le fait que l'un au moins des organes pousseurs comporte un bord proximal (23) de forme effilée.

16. Dispositif selon l'une des revendications 11 à 15, caractérisé par le fait qu'il comporte au moins un racleur (40, 41) comportant au moins deux organes pousseurs disposés face à face, au moins un organe rouleuse étant disposé dans l'espace compris entre lesdits organes pousseurs, ledit racleur étant lié à un organe de guidage (CH) apte à déplacer ledit racleur parallèlement au champ de travail, la liaison entre le racleur et l'organe de guidage étant apte à assurer une élévation de l'organe pousseur situé en aval, lors du mouvement de translation de l'organe de guidage.

17. Dispositif selon l'une des revendications 11 à 16, caractérisé par le fait qu'il comporte un portique sensiblement en forme de T dont

rouleurs (26, 27) autour de l'ensemble desquels circule en boucle le boudin de matière (28, 49), pour éloigner du bord proximal (23) de l'organe pousseur le brassage de la matière lors de la phase de recouvrement.

5 8. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé par le fait qu'il consiste à prévoir une protubérance (24) au droit du pousseur (21), s'étendant en direction de l'organe rouleau (26) et à distance (ZC) du bord proximal (23) de l'organe pousseur, afin d'assurer une circulation en boucle du boudin de matière (28) autour de
10 l'ensemble du (ou des) organe(s) rouleau(s).

9. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé par le fait qu'il consiste à positionner au moins un organe rouleau (26, 27) de façon que son axe de rotation soit situé à une distance (Z1, Z2) de la surface du champ de travail (32) telle que ledit
15 organe rouleau définisse avec la couche de matière déjà transformée (PI) un interstice intercalaire d'épaisseur au moins égale à la couche de matière non transformée à appliquer.

10. Procédé selon l'une des revendications 1 à 9, caractérisé par le fait qu'il consiste à faire parcourir au racleur (9, 40, 41), une
20 certaine course de démarrage, dans une zone externe au champ de travail, proche de la frontière de celui-ci, pour que le racleur brasse la matière située en amont, en homogénéisant la matière alimentée et en conformant la matière en forme de boudin.

11. Dispositif pour la mise en oeuvre du procédé selon l'une des
25 revendications précédentes, comprenant :

- des moyens pour induire la transformation (1) de la matière première dans un champ de travail (104, 32, 45),
- des moyens d'alimentation en matière première (103),
- un racleur (9, 40, 41) comportant au moins un organe rouleau
30 (26, 27),

- des moyens pour effectuer au moins une phase de recouvrement, lesdits moyens comprenant des moyens d'entraînement en translation du racleur et des moyens d'entraînement en rotation du (ou des) organe(s) rouleau(s),

35 - des moyens (2, 3, 4) pour déplacer les volumes déjà transformés (PI) par rapport au champ de travail,

3. Procédé selon la revendication 2, caractérisé par le fait qu'il consiste à entraîner l'organe rouleur (26, 27) avec une vitesse (A1, A2) telle que le boudin de matière roule sans glisser sur le champ de travail, pour amener la matière située dans la portion proximale (30) dudit boudin à se déposer avec une vitesse pratiquement nulle sur le champ
5 de travail.

4. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé par le fait que, lors d'au moins une phase d'alimentation, le procédé consiste à alimenter en matière première non transformée le
10 champ de travail de façon que ledit volume de matière première alimenté présente une portion émergente par rapport à la surface (32, 45) décrite par le bord proximal (23) de l'organe pousseur (21) lors du déplacement du racleur dans la direction de recouvrement (F), de sorte que ledit racleur, lors de son parcours, vienne araser ladite portion
15 émergente de matière première et la pousse en direction du champ de travail pour recouvrir la matière déjà transformée (PI).

5. Procédé selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisé par le fait que ladite matière première dans son premier état est un matériau pâteux présentant une viscosité supérieure à environ 10.000 centiPoises
20 ou présentant un seuil d'écoulement tel que la matière ne s'écoule pas lorsqu'une contrainte de cisaillement qui lui est appliquée reste inférieure à 20 N/m².

6. Procédé selon l'une des revendications 1 à 5, caractérisé par le fait qu'il consiste à prévoir un racleur à au moins deux organes
25 pousseurs (40, 41) face à face, entre lesquels est disposé au moins un organe rouleur, à déplacer ledit racleur dans un sens (FA) de façon que le boudin de matière (49) se forme entre un premier organe pousseur (40) et un organe rouleur lors d'une phase de recouvrement, et à inverser le sens de déplacement (FB) dudit racleur, lors de la phase de
30 recouvrement successive, séparée ou non par une phase de transformation, pour détacher le boudin de matière (49) du premier organe pousseur et le transférer entre un organe rouleur et le second organe pousseur (41), chaque organe pousseur étant alternativement actif puis inactif, selon le sens de déplacement du racleur.

35 7. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé par le fait qu'il consiste à prévoir au moins deux organes

REVENDICATIONS

1. Procédé de prototypage rapide pour la production de pièces tridimensionnelles par transformation de volumes successifs d'une matière première d'un premier état en un second état, au moyen d'un dispositif induisant ladite transformation (1), et d'au moins un racleur (9, 40, 41) comprenant au moins un organe rouleur (26, 27), ledit procédé comportant une répétition d'un cycle comprenant les étapes suivantes :

- au moins une phase de transformation de la matière première dans au moins une partie d'un champ de travail (104, 32, 45) grâce au dispositif induisant la transformation (1),

- au moins une phase de recouvrement de la matière transformée (PI) par de la matière non transformée (MAT), ladite phase de recouvrement consistant notamment à déplacer le racleur dans une direction donnée dite de recouvrement (F) et à entraîner en rotation autour d'un axe ledit organe rouleur sur lequel s'enroule au moins en partie un boudin de matière première non transformée (28, 49), ledit procédé comportant, à au moins un instant, au moins une phase d'alimentation en matière première non transformée, en aval du racleur, caractérisé par le fait qu'il consiste, dans au moins une phase de recouvrement, à disposer une partie dite organe pousseur (21) dudit racleur de façon que le bord proximal (23) dudit organe pousseur coïncide sensiblement avec la surface dudit champ de travail lors du parcours du racleur dans ladite direction de recouvrement (F), pour pousser la matière non transformée à recouvrir le champ de travail, et à positionner ledit organe rouleur en aval dudit organe pousseur, par rapport à la direction de recouvrement, et en regard de celui-ci, de façon à canaliser le boudin de matière non transformée (28, 49), circulant selon une trajectoire en boucle autour du (ou des) organe(s) rouleur(s) précité(s), vers une cavité formée entre le bord proximal (23) de l'organe pousseur et l'organe rouleur en vis à vis.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il consiste à entraîner l'organe rouleur (26, 27) en rotation dans un sens tel que le boudin de matière (28, 49) présente dans sa portion proximale au niveau du champ de travail, une composante de vitesse de sens opposé à ladite direction de recouvrement (F) précitée.

Le basculement autour d'un pivot permet de réaliser très simplement une élévation de la portion inférieure du pousseur du racleur (inactif) situé en aval, pour éviter que ce pousseur inactif arase de la matière au cas où la surface libre de matière présenterait des défauts (ménisques vers le haut), ce qui conduirait, comme cela a été signalé plus haut, à des risques de dépôt incontrôlé de matière, lors du retour de ce pousseur inactif (qui devient alors le pousseur actif).

du T est reliée, dans l'exemple représenté, par un second pivot P', à des moyens d'entraînement constitués ici par une courroie 46 ayant une portion parallèle au champ de travail 45, ladite courroie étant entraînée par des moyens d'entraînement (moteur, poulie, ... : non représentés).

5 Deux butées réglables (47, 48) situées sur le chariot CH, permettent de limiter le mouvement de basculement de la pièce en T. Sur la figure 3A, une force dirigée selon la flèche FA est appliquée à la courroie, provoquant un basculement du portique selon le sens indiqué par la flèche B. Lorsque la pièce 43 arrive en contact avec la butée 47, le

10 portique est bloqué dans son mouvement de pivot, et est entraîné en translation dans la direction de la flèche FA. Le réglage de la butée 47 permet de faire coïncider l'altitude de la couche déposée par la portion 40 du racleur avec le plan de travail 45. Le boudin de matière 49 a été représenté au voisinage de la portion 40 du racleur, ce volume de

15 matière est transporté dans la direction FA pour effectuer le recouvrement. Sur la figure 3B, la force appliquée sur la courroie est inversée (direction FB), ce qui se traduit par un basculement du portique selon le sens B'. Lors de ce basculement, le boudin de matière 49 reste en contact avec le plan de travail 45, et quitte donc la portion

20 40 du racleur qui a été élevée par rapport à la surface 45 lors du basculement. Sur la figure 3C, le mouvement de basculement amorcé à la figure 3B est achevé, la pièce 43 étant entrée en contact avec la butée 48. Le réglage de la butée 48 est tel que l'altitude de la couche déposée par la portion 41 du racleur coïncide sensiblement avec le plan de

25 travail 45, de sorte que, lors du mouvement de translation (selon la flèche FB, une fois le basculement terminé), la portion 41 du racleur se charge du volume de matière 49 pour effectuer un recouvrement sur le champ de travail. On constate que dans le mouvement de va et vient du dispositif, la matière est transférée d'un racleur à l'autre (ou, si l'on

30 considère l'ensemble comme un racleur unique, d'un côté à l'autre du racleur), ce qui permet éventuellement d'alimenter l'ensemble une seule fois pour effectuer plusieurs phases de recouvrement successives. Ainsi, on peut se limiter à une seule zone de distribution de la matière, au lieu des deux zones (ouvertures 7, 8) représentées dans le cas de la

35 figure 1.

0.5 t 4 fois D1 (respectivement D2), Y1 (respectivement Y2) compris entre 0.5 et 6 fois D1 (respectivement D2), YC compris entre 0.5 et 10 millimètres, ZC compris entre 2 et 20 millimètres, et VY compris entre 1 et 200 millimètres/seconde.

5 Si la distance ZC est nettement supérieure à la distance Z1 ou Z2, la matière située dans la zone 23 risque d'être aspirée vers le haut, ce qui pourrait provoquer un détachement de la matière, voire un manque de matière au niveau de la zone 23. En revanche, plus la distance ZC est proche de la distance Z1 ou Z2, plus la pièce 24
10 viendra comprimer la matière vers le bas dans la zone 23. Un bon compromis consisterait à prévoir une distance ZC sensiblement égale à deux fois la distance Z1, pour équilibrer la force de remontée de la matière entraînée par le rouleur 26, avec la force de compression de la matière du fait de la protubérance 24.

15 Par ailleurs, il est avantageux de prévoir la portion anguleuse 25 avec un point de rebroussement, afin d'éviter que la matière remonte le long de la pièce 24 et conduise à un détachement de la matière par rapport au pousseur et au rouleur.

20 Sur la figure 3 est représenté un racleur constitué par l'assemblage de deux ensembles identiques dans une configuration « face à face », permettant d'effectuer une inversion du sens de déplacement du racleur entre deux phases de recouvrement successives (mouvement de va et vient). Le fonctionnement de ce dispositif est schématisé en trois étapes (3A, 3B et 3C).

25 Les deux ensembles 40 et 41 sont constitués chacun, pour l'exemple représenté, d'un pousseur et de deux rouleurs, dans une configuration symétrique telle que les rouleurs sont situés dans l'espace compris entre les deux pousseurs.

30 Cette association est réalisée par deux pièces en forme de T situées aux extrémités de l'ensemble allongé formé par les deux racleurs, de manière à réaliser une sorte de portique. Sur le schéma, en vue de côté, seule l'une des extrémités du portique a été représentée. La pièce en T représentée, constituée par une barre « horizontale » 42, et une jambe « verticale » 43, est reliée à un chariot CH guidé en
35 translation parallèlement au champ de travail représenté par la ligne 45, la liaison étant réalisée au moyen d'un pivot P. L'extrémité inférieure

sa partie inférieure 23 une forme effilée. La pièce 24 est susceptible d'être déplacée selon la direction verticale (Axe Z), et possède dans sa partie inférieure une portion anguleuse 25 qui constitue une protubérance par rapport à la face de la pièce 22 en contact avec la matière première 28, de sorte que l'altitude à laquelle se situe ladite protubérance est facilement réglable, pour permettre une adaptation à différents types de matériaux. Deux rouleurs, 26 et 27, constitués par des cylindres disposés parallèlement au pousseur sont liés au châssis 21 par l'intermédiaire de paliers (non représentés) et liés chacun à un organe d'entraînement (non représenté) pour être animés d'un mouvement de rotation propre dans le « sens roulant ». L'ensemble du racleur ainsi constitué est déplacé en translation selon l'axe Y (dans le sens indiqué par la flèche F), entraînant un volume de matière 28, qui, du fait du mouvement de rotation propre des rouleurs, est amené à former une sorte de boudin de section pratiquement constante le long de son axe, roulant sur lui-même selon un axe de rotation parallèle au racleur (ce mouvement de rotation de la matière entraînée est symbolisé par les petites flèches au sein du volume 28), conformément au procédé selon l'invention, et roulant sur la surface libre de matière déjà déposée (représentée par le plan 29). Au voisinage de la zone 30, une portion du volume de matière transporté est déposée sur la surface 29 (alimentation en aval), ce dépôt étant égalisé par le bord inférieur du pousseur au voisinage de la zone 31 pour réaliser, en amont, une nouvelle surface libre de matière, coïncidant sensiblement avec l'altitude du champ de travail 32. Les paramètres essentiels de réglage de ce dispositif sont les suivants : D1 et D2 diamètres respectifs des cylindres 26 et 27, A1 et A2 vitesse angulaire de rotation respective des cylindres 26 et 27, (Z1, Y1) et (Z2, Y2) les coordonnées des axes respectifs des pièces 26 et 27 par rapport au point de contact entre la surface 32 et la partie inférieure de la pièce 22, ZC et YC les dimensions de la cavité formée par l'assemblage des pièces 23 et 24 (ZC étant facilement réglable par déplacement de la pièce 24), enfin VY la vitesse de déplacement de l'ensemble.

Dans le mode préféré de réalisation, les valeurs choisies sont les suivantes : D1 et D2 compris entre 2 et 20 mm, A1 et A2 compris entre 10 et 1500 tours/minute, Z1 (respectivement Z2) compris entre

Des moyens de pilotage 102, reliés aux organes 1, 3, 101 et 103, permettent de piloter le dispositif.

Initialement, le support 2 est amené à une position telle que sa face supérieure coïncide sensiblement avec la face supérieure de la table T. De la matière est distribuée au travers des ouvertures 7 et 8, et le racleur 9 effectue un mouvement d'aller-retour entre ses deux positions extrêmes, de sorte que l'espace compris dans la zone basse, soit progressivement comblé par de la matière, la surface libre de la matière coïncidant sensiblement avec le plan de la face 5, la face supérieure du support 2 étant recouverte d'une fine couche de matière. A ce stade le cycle de fabrication peut démarrer : on réalise une première phase de transformation à l'aide du dispositif 1, de sorte que les parties transformées adhèrent au support 2, puis le support 2 est déplacé vers le bas, d'une distance correspondant à l'épaisseur de la couche désirée. On suppose que le racleur est situé à la position 9, de la matière est distribuée par l'ouverture 7, puis le racleur se déplace jusqu'à la position 9', effectuant le recouvrement souhaité. Une nouvelle phase de transformation peut alors être réalisée, puis, après descente du support 2, alimentation en matière par l'ouverture 8, et retour du racleur à la position initiale 9, on est prêt à effectuer une nouvelle phase de transformation. Le cycle peut ainsi être réalisé autant de fois qu'il est nécessaire pour empiler suffisamment de couches pour la réalisation complète d'une pièce. En fin de fabrication, le support se retrouve recouvert d'une sorte de parallélépipède de matière, formé par l'empilement des couches, la pièce étant incluse dans ce volume de matière. Le support est alors dégagé vers le bas, en vue des opérations de post traitement de la pièce (élimination ou récupération de la matière environnant la pièce, nettoyage, traitements de finition, ...).

La succession des opérations est gérée par des moyens informatiques de pilotage (102) reliés aux différents organes de la machine (1, 3, 101, 103).

Sur la figure 2 est représenté en coupe transversale un mode préféré de réalisation d'un racleur selon l'invention. Le poussoir est constitué par deux pièces (22, 24) de section constante, liées à un châssis 21, le châssis étant lié, directement ou non à des organes de guidage et d'entraînement (non représentés). La pièce 22 possède dans

- la figure 2 représente une vue en coupe longitudinale partielle du mode préféré de réalisation d'un racleur pour la mise en œuvre de l'invention ;
- la figure 3 représente schématiquement trois vues latérales d'un exemple de réalisation d'un mode particulier de réalisation des phases de recouvrement selon l'invention, avec inversion du sens de déplacement du racleur à l'étape 3B pour effectuer deux phases de recouvrement successives aux étapes 3A et 3C.

Sur la figure 1 est représentée une vue d'ensemble d'un dispositif pour la mise en œuvre du procédé selon l'invention. Un dispositif pour induire les transformations 1 dans un champ de travail 104, est disposé au dessus du centre d'un support 2 constitué par une pièce rectangulaire (de dimensions LX selon l'axe X et LY selon l'axe Y) dont la face supérieure est plane, le support étant lié à des moyens de guidage et d'entraînement 3 par l'intermédiaire d'une pièce de liaison 4. Une table T dont la face supérieure 5 est plane et horizontale, dans laquelle est pratiquée une ouverture 6 rectangulaire de dimension supérieure à LX selon l'axe X et supérieure à LY selon l'axe Y, est disposée de sorte que, lors de son mouvement, le support 2 puisse passer au travers de ladite ouverture 6. Deux autres ouvertures (7, 8) de forme allongée, de longueur approximativement égale à LX, disposées parallèlement à l'axe X, à une faible distance du bord de l'ouverture 6, sont également pratiquées dans ladite table T. Un racleur 9 de forme allongée, lié à des moyens de guidage et d'entraînement 101 pour être animé d'un mouvement de translation horizontal selon l'axe Y, est susceptible de se déplacer d'une position initiale (la position dans laquelle il est représenté en trait plein) à une position finale (9' : position du racleur représenté en pointillé). Des moyens d'alimentation en matière 103, constitués par exemple par des pistons remplis initialement de matière, ou par un dispositif de pompage, sont reliés aux ouvertures 7 et 8, pour permettre un apport de matière, selon la direction ascendante Z, au travers desdites ouvertures 7 et 8. Les ouvertures 6, 7 et 8 sont situées dans une zone basse, délimitée par le contour 10, dans laquelle la face supérieure de la table est plane et horizontale, mais dont l'altitude est légèrement inférieure à celle de la face 5.

de fonctionnement. Une telle adaptation est facilement réalisable pour ce qui concerne la vitesse de rotation du rouleur et la vitesse de déplacement du racleur, par contre il est beaucoup plus délicat de fournir des moyens pour faire évoluer les paramètres géométriques de configuration du racleur au cours du recouvrement.

L'ajout d'un second rouleur animé d'un mouvement propre de rotation permet d'améliorer le fonctionnement du racleur selon l'invention. En effet, avec un racleur constitué d'un pousseur et d'au moins deux rouleurs, on peut obtenir un brassage plus efficace qu'avec un seul rouleur, et on peut aussi atténuer les effets liés à l'évolution du volume de matière transporté. En effet, le volume de matière circulant au voisinage du rouleur le plus proche du bord inférieur du pousseur évolue peu, cette évolution est reportée sur le second rouleur qui, étant éloigné du bord inférieur du pousseur, perturbe peu l'opération de recouvrement.

Lorsque le volume de matière transportée est important, il n'est pas simple de canaliser les écoulements de matière avec un seul rouleur, notamment si l'on désire obtenir un mouvement du boudin proche du roulement sans glissement sur le champ de travail. C'est pourquoi, il est avantageux pour la réalisation du racleur, d'utiliser au moins deux rouleurs animés d'un mouvement de rotation dans le « sens roulant ».

Pour la réalisation du racleur selon l'invention, de nombreuses variantes peuvent encore être mises en œuvre : la forme géométrique de la section du pousseur peut être constante ou non le long du pousseur, le rouleur peut être choisi dans la famille des barreaux prismatiques de section circulaire, carrée, triangulaire, le nombre de rouleurs peut également être supérieur à deux, on peut associer plusieurs racleurs pour effectuer simultanément plusieurs passages (ébauche, finition par exemple) sur la même zone, etc ...

Pour mieux faire comprendre l'objet de l'invention, on va en décrire, à titre d'exemples purement illustratifs et non limitatifs, plusieurs modes de réalisation représentés sur les dessins annexés. Sur ces dessins :

- la figure 1 représente une vue partielle d'ensemble en perspective d'un dispositif pour la mise en œuvre du procédé selon l'invention ;

contribue à canaliser la matière transportée par le racleur sous la forme de boudin roulant sur lui-même. Il est intéressant également de pouvoir régler facilement l'altitude de ladite protubérance, par exemple à l'aide d'une pièce rapportée plaquée contre la face aval du pousseur, comme
5 cela est illustré à la figure 2 annexée. En effet, on a constaté que ce paramètre (altitude de la protubérance) permet d'optimiser la qualité du recouvrement effectué en fonction des caractéristiques rhéologiques du matériau traité. Par conséquent, avec un tel pousseur à « géométrie variable », on pourra traiter de manière optimale une grande variété de
10 pâtes, par un simple réglage mécanique, plutôt que de devoir changer le pousseur à chaque changement de matériau.

Il est avantageux de choisir un pousseur présentant une forme effilée dans sa partie inférieure. En effet, on a constaté que pour les pâtes très épaisses, la qualité des couches était nettement améliorée par la mise en
15 œuvre d'un pousseur ayant, dans sa partie inférieure, un bord relativement tranchant. Il est intéressant de jouer, pour cette sorte d'outil de coupe, sur l'angle d'attaque et l'angle de dépouille, afin de s'adapter au mieux aux particularités de chaque matériau. Avec des pâtes, il est parfois difficile d'assurer une parfaite homogénéité de la
20 matière, ce qui peut être gênant pour le procédé. Par exemple dans le cas où des bulles d'air sont emprisonnées lors de la réalisation du mélange, il peut en résulter l'apparition de « trous » après étalement de la matière. Pour remédier à cet inconvénient, il est intéressant de faire parcourir au racleur, une certaine course de démarrage, dans une zone
25 externe au champ de travail, proche de la frontière du champ de travail. En effet, au cours de cette course de démarrage, avant d'atteindre son régime permanent de fonctionnement, le racleur selon l'invention brasse la matière située en aval, ce brassage ayant pour effet d'une part d'homogénéiser la matière initialement délivrée, et d'autre
30 part, de conformer la matière pour obtenir la forme de boudin désirée.

Dans le cas où l'on désire recouvrir de grandes surfaces, avec une épaisseur de matière importante, on doit fournir au départ un volume important de matière, ce qui rend plus difficile l'opération de brassage initial. De plus, le volume de matière diminue
35 progressivement au cours de l'opération de recouvrement, ce qui peut nécessiter, dans certains cas, une adaptation évolutive des paramètres

suffisamment grand entre la surface de la couche précédemment déposée et la portion inférieure dudit rouleur. En effet, un tel interstice permet à la matière située en aval du pousseur, au voisinage du bord inférieur du rouleur, de circuler selon la trajectoire sensiblement circulaire imposée par le mouvement du rouleur, sans être « freinée » ou déviée de sa trajectoire, par la matière fixe des couches inférieures (notamment les portions transformées) avec laquelle elle entre en contact. Cet écoulement local en arc de cercle, autour de l'axe du rouleur, en aval du pousseur, permet d'amorcer la formation du boudin de matière désiré, et lorsqu'il est réalisé, d'entretenir son mouvement de rotation sur lui-même. On a pu constater qu'avec un interstice de hauteur au moins égale à l'épaisseur de la couche en cours de dépôt, la formation du boudin et sa rotation propre sont faciles à obtenir avec des pâtes peu épaisses, pour des pâtes plus épaisses il est préférable d'avoir un interstice nettement supérieur à l'épaisseur de la couche en cours de dépôt. Pour réaliser cette hauteur minimale de l'interstice (épaisseur de la couche en cours de dépôt), il suffit de disposer l'axe de rotation du rouleur à une altitude supérieure à celle du bord inférieur du pousseur, la différence d'altitude entre l'axe de rotation du rouleur et le bord inférieur du pousseur étant au moins égale à la valeur du plus grand rayon des cercles décrits par les points matériels du rouleur lors de son mouvement de rotation propre.

Le dispositif pour la mise en œuvre du procédé selon l'invention peut être tel que l'axe de rotation du rouleur est disposé relativement au bord inférieur du pousseur, en aval dudit pousseur, à une altitude supérieure ou égale au plus grand rayon des cercles décrits par les points matériels du rouleur lors de son mouvement de rotation propre.

Avantageusement, le sens de rotation du rouleur est le « sens roulant », ce qui permet d'imposer au boudin de matière transporté un sens de rotation dans le « sens roulant ».

Il est intéressant de choisir un pousseur dont la face en regard avec le rouleur présente une protubérance sensiblement parallèle au bord inférieur du pousseur, la section de ladite protubérance présentant avantageusement une portion anguleuse bien marquée. En effet, on réalise ainsi une sorte de cavité dans la portion inférieure du pousseur, qui, combinée à l'action du rouleur et au déplacement du pousseur,

Avantageusement, on assure une élévation sensible du pousseur, situé en aval (relativement au sens de déplacement du racleur) par rapport à la surface du champ de travail, de sorte que celui-ci ne se charge pas de matière première en arasant, lors de son passage au-dessus du champ de travail, les éventuels ménisques émergents créés lors de la phase de recouvrement précédente. Après inversion du sens de déplacement du racleur, la matière première ainsi accumulée sur le pousseur risque d'être déposée de manière incontrôlable sur le champ de travail, ce qui conduirait à la mise en place d'une couche irrégulière.

Le dispositif pour la mise en œuvre de l'invention peut comprendre :

- des moyens pour induire la transformation de la matière première dans un champ de travail
- des moyens pour effectuer les phases de recouvrement utilisant au moins un racleur comportant au moins un pousseur, ledit pousseur étant constitué par un élément mécanique de forme allongée, dont le bord inférieur décrit une surface coïncidant sensiblement avec la surface du champ de travail lors du parcours du racleur au-dessus du champ de travail, et au moins un rouleur, constitué par un élément mécanique de forme allongée, disposé parallèlement au pousseur, en aval du pousseur, et entraîné en rotation, par des moyens d'entraînement, autour d'un axe sensiblement parallèle au pousseur, le ou lesdits racleur(s) étant mis en mouvement sensiblement parallèlement au champ de travail au cours des phases de recouvrement par l'intermédiaire de moyens de guidage et d'entraînement.
- des moyens pour déplacer les volumes déjà transformés par rapport au champ de travail
- éventuellement un conteneur pour contenir de la matière
- des moyens pour piloter les différents organes du dispositif
- des moyens d'alimentation en matière première

Pour obtenir aisément la formation d'un boudin de matière première roulant sur lui-même au voisinage du bord inférieur du pousseur, en aval dudit pousseur, il est intéressant de disposer le rouleur par rapport au pousseur de manière à assurer l'existence d'un interstice

Il est avantageux d'utiliser des matières premières qui, dans leur premier état, sont des matériaux pâteux présentant un seuil d'écoulement marqué. En effet, avec de tels matériaux, on limite la profondeur sur laquelle on entraîne des mouvements au sein des couches inférieures, ces mouvements ne pouvant avoir lieu qu'à partir d'un niveau de contraintes minimal (le seuil d'écoulement). Or, plus ladite profondeur est faible, moins les risques d'apparition de ménisques, sont importants.

Dans une variante de l'invention, on effectue au moins une fois une inversion du sens de déplacement du racleur pour réaliser deux phases de recouvrement successives (séparées ou non par une phase de transformation). Ce mode permet d'éviter de faire parcourir au racleur un parcours de recyclage, qui serait nécessaire si la phase de recouvrement était réalisée toujours dans le même sens. Dans le cadre de cette variante de l'invention, il est avantageux de former le boudin de matière première entre deux pousseurs disposés parallèlement entre eux (au moins un rouleur étant disposé dans l'espace compris entre les deux pousseurs), de sorte que, lors de l'inversion du mouvement du racleur, on puisse toujours avoir un boudin en aval d'un pousseur. En effet, comme cela est décrit dans le commentaire de la figure 3, on peut faire en sorte que le boudin se détache du pousseur avec lequel il était en contact, et soit récupéré par le second pousseur après inversion du mouvement. Ainsi, il est possible de s'affranchir de la nécessité de fournir un apport de matière avant chaque phase de recouvrement.

Au sens de l'invention, les deux organes pousseurs peuvent être distincts ou bien reliés par une structure monobloc du type en U inversé, ou autre.

Il n'est pas nécessaire de disposer de plus d'un rouleur, étant donné que celui-ci est placé entre les deux pousseurs, il peut être utilisé alternativement avec l'un ou l'autre des pousseurs, en adaptant éventuellement son sens de rotation au sens de déplacement. Comme cela est illustré à la figure 3, on pourra avantageusement, pour la mise en œuvre de cette variante du procédé selon l'invention, réaliser un racleur comportant au moins deux pousseurs liés à un châssis commun, ledit châssis étant lié aux moyens de guidage et d'entraînement du racleur au moyen d'une liaison par pivot.

interactions avec les couches inférieures, et donc à limiter l'amplitude des défauts (ménisques) qui en résultent.

Selon l'invention, on pourra avantageusement transporter le boudin de matière première formé en aval du pousseur selon un mouvement de roulement sans glissement sur le champ de travail, en adaptant la vitesse de rotation propre dudit boudin de matière première à la vitesse de déplacement du pousseur. Ce mode particulier de transport de la matière permet d'assurer une vitesse relative de la matière située dans la portion inférieure du boudin, par rapport à celle des couches inférieures, pratiquement nulle lorsqu'elle entre en contact avec lesdites couches inférieures, ce qui contribue fortement à un dépôt « en douceur », comme si on déroulait un film de pâte sur les couches inférieures. Il suffit que la portion de matière située au voisinage de la surface extérieure dudit boudin respecte cette condition de roulement sans glissement pour obtenir l'effet désiré (d'éventuels mouvements internes de matière au sein du boudin de matière, non conformes aux conditions de roulement sans glissement, sont acceptables). Les pâtes obtenues par ajout d'une charge solide dans un liant liquide étant en général opaques, seule la surface extérieure du boudin de matière est visible, c'est pourquoi, pour obtenir l'effet bénéfique désiré, on dira que le boudin de matière doit être transporté selon un mouvement « apparent » de roulement sans glissement.

Selon l'invention, pour fournir au racleur la matière première nécessaire au recouvrement, on procède avantageusement de la manière suivante : on forme sur la trajectoire du racleur, grâce à des moyens d'alimentation, au moins un volume de matière première dont la partie supérieure est émergeante par rapport à la surface décrite par le bord inférieur du pousseur lors du mouvement du racleur, de sorte que, lors de son parcours, le racleur arase ladite partie émergeante de matière première et la transporte en direction du champ de travail pour recouvrir la matière déjà transformée. Ce mode d'alimentation permet notamment de déporter la zone d'alimentation en dehors du champ de travail, et d'éviter la mise en œuvre de moyens d'alimentation mobiles. On peut également prévoir, en variante, une alimentation en continu en matière première non transformée.

travail, et donc la nécessité de mettre en œuvre des moyens pour éliminer le volume ainsi accumulé.

Le procédé selon l'invention permet de remédier à ces inconvénients. Pour simplifier la suite de la description, on a choisi de se placer implicitement dans le cas particulier où le champ de travail est horizontal (cela permet d'utiliser des expressions telles que « au-dessus », « bord inférieur », etc...). Ce choix rédactionnel ne doit pas être interprété comme une limitation de la portée de l'invention, dans la mesure où avec des pâtes, le procédé selon l'invention peut fonctionner avec un champ de travail non horizontal, voire avec un champ de travail ayant une surface courbée.

Selon un exemple de l'invention, lors de l'une au moins des phases de recouvrement, ladite phase de recouvrement utilisant au moins un racleur mis en mouvement pour effectuer les différentes phases de recouvrement, ledit racleur comprenant au moins un organe de forme allongée appelé pousseeur, dont le bord inférieur décrit une surface coïncidant sensiblement avec la surface du champ de travail lors du parcours du racleur au-dessus du champ de travail, on forme une sorte de boudin de matière première, c'est-à-dire un volume de matière première de forme allongée, disposé contre le bord inférieur du pousseeur, en aval de celui-ci, la portion inférieure du boudin étant située au voisinage de la surface du champ de travail, et on anime le boudin de matière première d'un mouvement de rotation sur lui-même autour de son axe, au moyen d'au moins un organe appelé rouleuseur, situé en aval du pousseeur, ledit rouleuseur étant animé d'un mouvement de rotation autour d'un axe sensiblement parallèle au racleur.

Ainsi, on assure un recyclage rapide de la matière première au voisinage du bord inférieur du pousseeur, en aval, ce qui permet de s'affranchir du problème de « décrochage » cité ci-dessus, le boudin étant transporté par le pousseeur en mouvement au-dessus de la surface du champ de travail.

Avantageusement, selon l'invention, on impose audit boudin de matière première une rotation dans le « sens roulant ». En effet, un tel sens de rotation permet d'animer la matière constituant la portion inférieure du boudin d'une composante de vitesse opposée à celle imposée par le mouvement du pousseeur, ce qui contribue à limiter les

mise en mouvement parallèlement au champ de travail, et à déposer progressivement ce volume de matière, situé en aval de la racle, sur les couches inférieures, est relativement difficile à mettre en œuvre avec les pâtes. Pour que l'étalement ait lieu, il est indispensable que le volume de matière situé en aval de la racle, proche du bord inférieur de celle-ci, soit en contact avec la surface libre des couches inférieures. En effet, le volume de matière est alors soumis à un fort gradient de vitesse (vitesse de déplacement du racleur pour la partie en contact avec la racle, et vitesse nulle pour la partie en contact avec les couches inférieures), générant les contraintes de cisaillement requises pour obtenir l'écoulement de matière indispensable d'aval en amont. Tant que la gravité assure un écoulement descendant du volume de matière situé en aval, suffisamment rapide pour compenser le flux de matière consommée pour l'étalement, ce contact indispensable peut être maintenu. Par contre, si ce contact est rompu, le volume de matière en amont est simplement transporté, sans être étalé. Or, avec des pâtes, le flux induit par l'action de la gravité au sein du volume en aval de la racle est très faible (en raison de leur forte viscosité), et peut même être nul si leur seuil d'écoulement est suffisamment important. Par conséquent, même si on fournit au départ un volume de matière en aval de la racle, théoriquement suffisant pour assurer le recouvrement souhaité, on s'expose à des « décrochages », ou défauts de recouvrement (formation de « trous » dans la couche déposée), incompatibles avec le procédé de fabrication.

Certes, pour contourner le problème, on pourrait imaginer effectuer un dépôt préalable de matière, la racle ne jouant alors plus qu'un rôle d'égénération. Cependant, il n'est pas simple de réaliser un tel dépôt préalable. En effet, il faudrait recourir à des moyens de transfert adaptés aux matériaux pâteux (pompes spéciales), assurer leur déplacement au-dessus du champ de travail, ce qui engendre des coûts et une complexité supplémentaire, surtout si on désire contrôler finement le débit de matière. De plus, pour ne pas risquer de « décrochage », il faudrait nécessairement fournir un excès permanent de matière en aval. Or cela impliquerait une accumulation progressive de matière sur la racle lors de son parcours au-dessus du champ de

pression ayant pour conséquence la mise en place d'une couche non homogène.

Différentes variantes sont proposées, notamment concernant la section de ladite digue et son orientation. D'autres variantes pour remédier aux effets indésirables d'accumulation éventuelle de la matière au voisinage de la lame sont exposées : utilisation d'un dispositif d'évacuation à vis sans fin, ou d'une lame dans laquelle est pratiquée une canalisation. Enfin, deux modes d'alimentation sont proposés pour le dispositif : soit la couche de matière est préalablement déposée en aval, et le racleur ne fait que corriger les défauts de planéité résiduels, soit le racleur transporte un volume de liquide suffisant pour fournir la quantité de matière nécessaire au recouvrement (comme pour la solution du document WO 95/15842).

Il existe une gamme de matériaux particulièrement intéressants pour le Prototypage Rapide, permettant notamment de s'affranchir du défaut principal des poudres (réalisation de pièces poreuses) et de celui des résines liquides acryliques ou époxy (faible résistance mécanique, fragilité, etc...) : les matériaux fortement visqueux, voire pâteux. Ces matériaux peuvent être obtenus par exemple par addition d'un fort taux volumique de charge solide (poudre), dans un liant constitué de résine liquide photosensible ou thermodurcissable. Dans la suite, on qualifiera de pâtes la catégorie de matériaux englobant les matériaux de très forte viscosité (supérieure à 10000 centiPoises), ou les matériaux « à seuil marqué ». Un matériau « à seuil » est tel qu'il ne s'écoule pas (gradient nul) tant que la contrainte de cisaillement qui lui est appliquée ne dépasse pas une valeur minimale. On dira qu'un matériau présente un « seuil marqué », lorsque la valeur de cette contrainte de cisaillement est supérieure à 20 Newton par mètre carré.

Les solutions connues pour effectuer les phases de recouvrement ne conviennent pas pour le traitement des pâtes, en raison principalement de leur relative « insensibilité » à l'action de la gravité terrestre.

En effet, il faut tout d'abord recouvrir la matière venant d'être transformée par une couche de pâte, ce qui est bien sûr pratiquement impossible par simple procédé d'immersion. La solution classiquement adoptée, consistant à transporter un volume de matière avec une racle,

d'atteindre des durées très courtes pour les phases de recouvrement. L'apport de matière nécessaire pour effectuer la phase de recouvrement est réalisé par le transport d'une sorte de vague de matière, formée au départ du mouvement du racleur, le volume de matière constitué par ladite vague étant progressivement consommé sous l'effet de la
5 combinaison de la gravité et du mouvement de translation.

Une autre solution, décrite dans le document WO 96/23647 consiste à utiliser un racleur dit « racleur actif », en l'occurrence, il s'agit d'un rouleau animé d'un mouvement de rotation propre dans le sens « contra-rotatif », associé à une sorte de digue, constituée par une sorte de lame rectiligne, dont la partie inférieure est
10 située à une faible distance de la partie supérieure du rouleau. Un rouleau tournant dans le sens « contra-rotatif » est tel que tout point situé sur sa périphérie, lorsqu'il passe par le point de sa trajectoire le plus proche du champ de travail, a une vitesse tangentielle relative par
15 rapport à l'axe de rotation dirigée dans le même sens que la vitesse de déplacement de l'axe de rotation du rouleau par rapport au champ de travail.

Le fonctionnement de ce dispositif est schématisé dans les figures de ce document, dans le cas où un dépôt préalable de matière a été
20 réalisé en aval. La digue forme obstacle à la libre circulation du liquide situé en aval du rouleau, permettant une régulation de l'épaisseur du film formé sur la portion amont du rouleau. La surface libre du film rencontre celle de la couche formée en amont, formant un point de rebroussement très aigu au voisinage de la génératrice inférieure du
25 rouleau. Ce point de rebroussement définit l'altitude de la surface libre de la matière déposée en amont, et comme en régime permanent il est fixe par rapport à l'axe du rouleau, la couche peut être bien égalisée.

Une analyse détaillée des phénomènes physiques mis en jeu est
30 proposée dans le document, pour expliquer les avantages d'un tel dispositif par rapport à une simple lame (racleur simple), notamment en ce qui concerne les interactions avec le liquide situé au voisinage du racleur. Il apparaît notamment, que le sens de rotation « contra-rotatif » du rouleau atténue fortement lesdites interactions, alors qu'à l'opposé, un mouvement dans le sens non « contra-rotatif », qu'on appellera
35 « sens roulant » dans la suite de ce document, induirait des effets de

contraintes locales de cisaillement se transmettent au sein du liquide situé en dessous de la surface libre, sur une profondeur bien supérieure à l'épaisseur de la couche mise en place.

5 Dans le cas des résines classiquement utilisées en stéréolithographie, dont le comportement est proche d'un liquide Newtonien, ayant des viscosités de quelques milliers de centiPoises, le racleur peut générer des mouvements de liquide sur une profondeur pouvant aller de quelques millimètres à quelques centimètres.

10 Les portions de matière solide ou quasi-solide transformée lors des cycles précédents constituent des obstacles au sein du liquide en mouvement, ce qui se traduit par de fortes variations des conditions d'écoulement du liquide. Il en résulte que, au voisinage des frontières de la section en cours de fabrication, apparaissent des défauts de planéité de la couche venant d'être étalée par le racleur. Une
15 illustration schématique de ces défauts est donnée dans le document WO 95/15842, où sont représentés des ménisques (concaves ou convexes), au voisinage des zones de transition liquide-solide.

Ces ménisques induisent des défauts géométriques sur les pièces réalisées, et constituent, une fois solidifiés, un handicap supplémentaire
20 pour la mise en place de la couche suivante, ce qui se traduit finalement par une amplification de défauts, incompatible avec le dispositif de recouvrement (risque d'arrachement de couches, d'accidents matériels, ...).

Pour limiter ces inconvénients, il est parfois possible de ralentir
25 la vitesse de déplacement du racleur, ou d'imposer un temps de relaxation avant de procéder à la phase de transformation suivante, mais ces solutions ont pour conséquence une augmentation substantielle des temps de fabrication des pièces, conduisant à des surcoûts de production pouvant être rédhibitoires.

30 La solution proposée dans le document WO 95/15842 ne remet pas en cause le recours à un racleur dit « racleur simple », mais consiste à réaliser au voisinage des pièces une structure de garnissage épousant sensiblement la forme des pièces, ayant pour effet de reporter les problèmes de ménisques dans des zones éloignées desdites pièces.
35 Ce procédé astucieux permet la mise en œuvre d'un « racleur simple » constitué par une pièce allongée souple de faible épaisseur, et permet

consiste à balayer la surface du champ de travail à l'aide d'au moins un organe de forme allongée appelé racleur, ledit racleur étant mis en mouvement au-dessus du champ de travail. Selon les cas, le racleur transporte la matière mise en jeu pour le recouvrement, ou bien ne sert qu'à égaliser un dépôt préalable de matière.

De nombreux dispositifs ont été imaginés pour la réalisation du racleur. Par exemple, dans le domaine des poudres, on trouve dans le document EP 02876657 la description d'un racleur constitué par un rouleau animé d'un mouvement de rotation autour de son axe, cet axe étant disposé parallèlement au plan du champ de travail, la partie inférieure du rouleau coïncidant sensiblement avec l'altitude du champ de travail. Ce rouleau est animé également d'un mouvement de translation au cours duquel il entraîne un volume de matière situé en aval, et étale progressivement une nouvelle couche de matière en amont, recouvrant la matière précédemment transformée.

En ce qui concerne les matières premières liquides, on distingue deux types de procédés : soit le recouvrement proprement dit est assuré au préalable sur le champ de travail par des moyens de recouvrement (déversoir, spray, immersion, ...) , et le racleur ne fait qu'égaliser ensuite la surface libre de liquide par un mouvement de balayage horizontal, soit le racleur effectue simultanément les fonctions de recouvrement et d'égalisation. Le second mode de fonctionnement suppose le transport par le racleur (ou par des moyens annexes associés) d'un volume de matière suffisant pour recouvrir les zones venant d'être solidifiées.

Différents dispositifs ont été imaginés pour la réalisation du racleur, par exemple une simple lame rigide (cf document EP 0361847), dont la section peut avoir une forme particulière, ou l'association de deux éléments rigides (document EP 0484182), auxquels sont attachés des éléments de brosse disposés en quinconce. Ces premiers dispositifs n'ont pas donné entière satisfaction.

En effet, lorsque l'on déplace un racleur dit « racleur simple », comme par exemple une lame (ou tout autre équivalent plus ou moins souple) dont la partie inférieure est en contact avec la surface libre d'un liquide, parallèlement à ladite surface libre, on génère des efforts au voisinage de la zone de contact entre la lame et le liquide. Ces

3/pats

1

PROCEDE ET DISPOSITIF DE PROTOTYPAGE RAPIDE, ET PIECE TRIDIMENSIONNELLE OBTENUE PAR PROTOTYPAGE RAPIDE

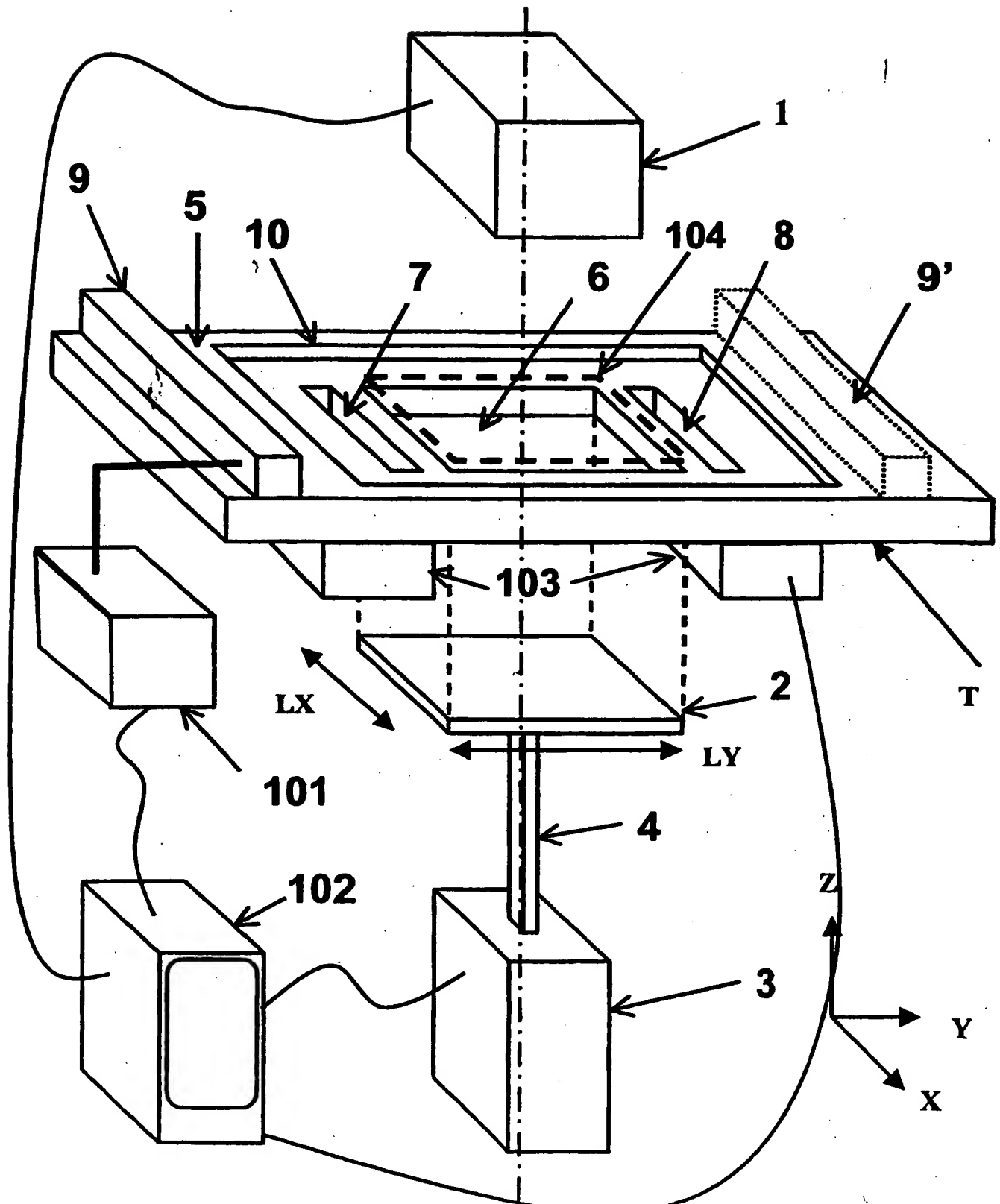
La présente invention porte sur un procédé de fabrication de
pièces tridimensionnelles à partir de données informatiques représentant
leur forme, et sur un dispositif de mise en œuvre de ce procédé. Il est
connu de réaliser des pièces par transformation de volumes successifs
(généralement de fines couches) d'une matière première d'un premier
état en un second état, au moyen d'un dispositif induisant ladite
transformation, par répétition d'un cycle comprenant notamment une
phase de transformation de la matière dans au moins une partie d'un
champ de travail grâce au dispositif induisant la transformation, et une
phase de recouvrement de la matière transformée par de la matière non
encore transformée.

La plupart des machines dites de « Prototypage Rapide » mettent
en œuvre ce type de procédé, notamment les machines de
stéréolithographie, utilisant une matière première liquide photosensible
(susceptible d'être polymérisée ou réticulée) combinée à un dispositif
d'illumination (par balayage laser ultraviolet par exemple), et les
machines dites de frittage de poudres, utilisant une matière première
sous forme de poudre, ladite poudre étant susceptible d'être localement
agglomérée par effet thermique (par balayage laser infrarouge par
exemple).

De nombreuses demandes de brevets relatives à ce type de machines
ont été déposées, notamment pour le domaine de la stéréolithographie.
Une description complète du procédé est donnée dans le document EP
0361847, des procédés similaires sont également décrits dans les
documents EP 0450762 et EP 0484182. Dans le document EP
02876657 on trouve une description détaillée d'un procédé de frittage
de poudre, ainsi qu'une description de l'appareil pour la mise en œuvre
du procédé.

Une caractéristique commune aux procédés de stéolithographie et
de frittage de poudres est qu'ils nécessitent la mise en œuvre de
moyens pour étaler la matière première sous forme de fines couches
(pour réaliser la phase de recouvrement), de manière automatique,
rapide, et homogène. De manière générale, la phase de recouvrement

1/3



2/3

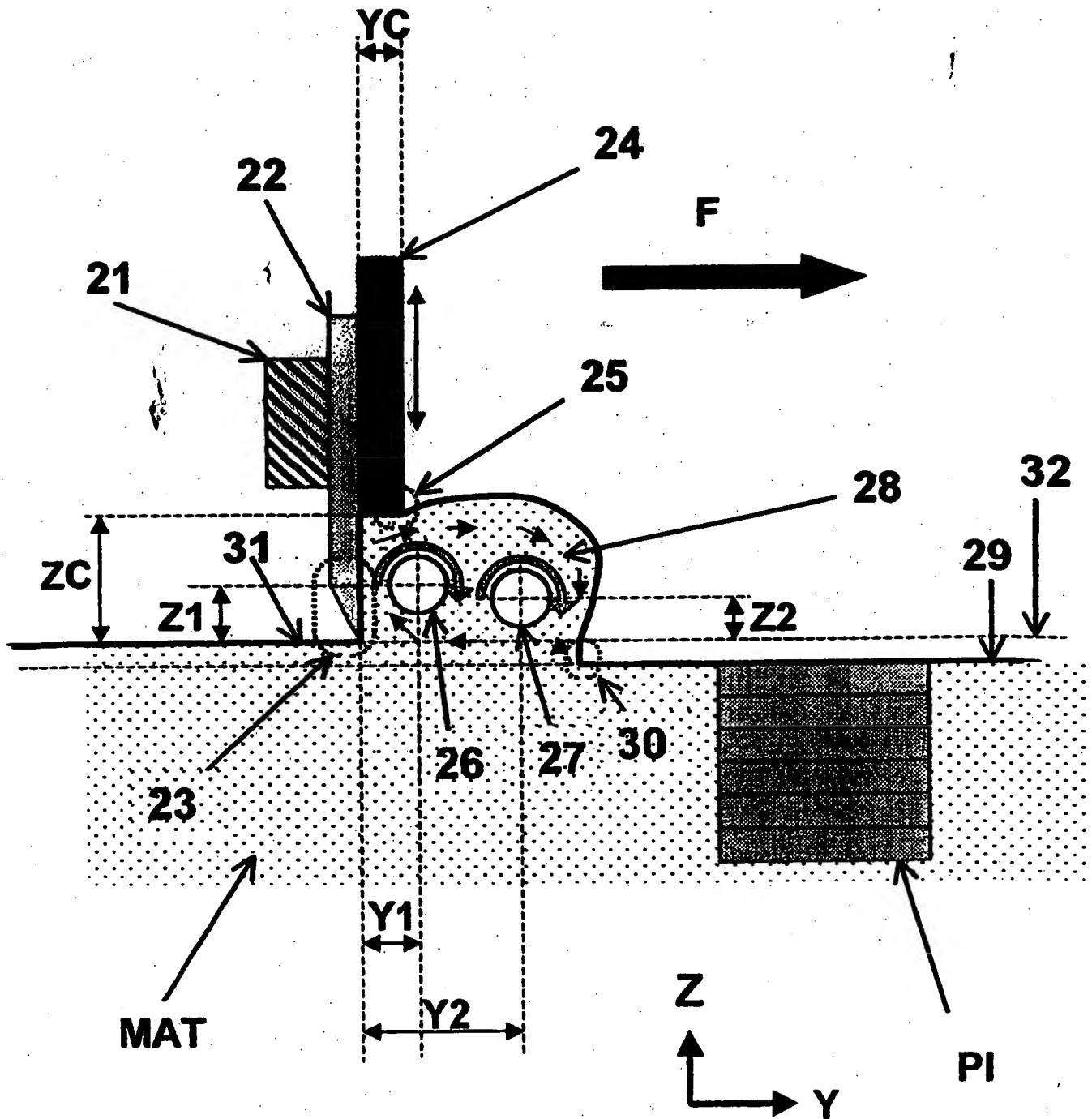
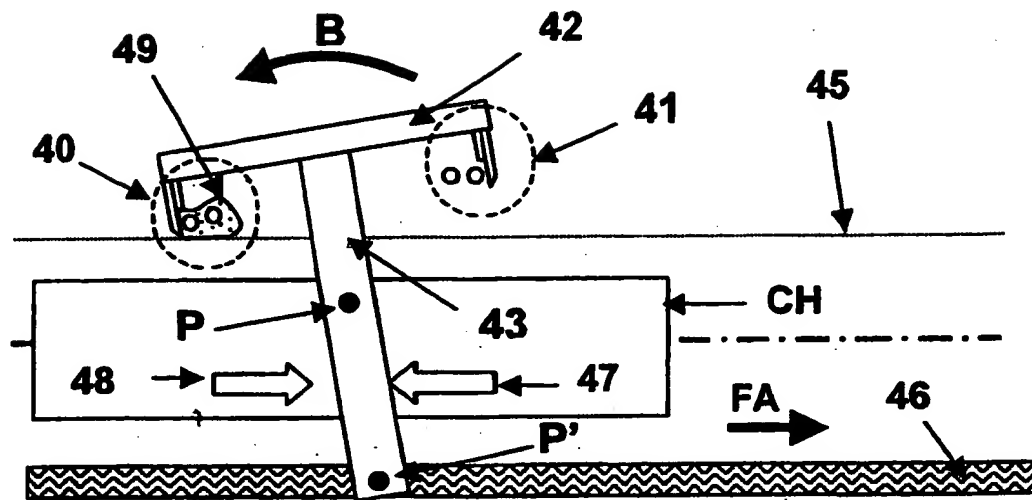


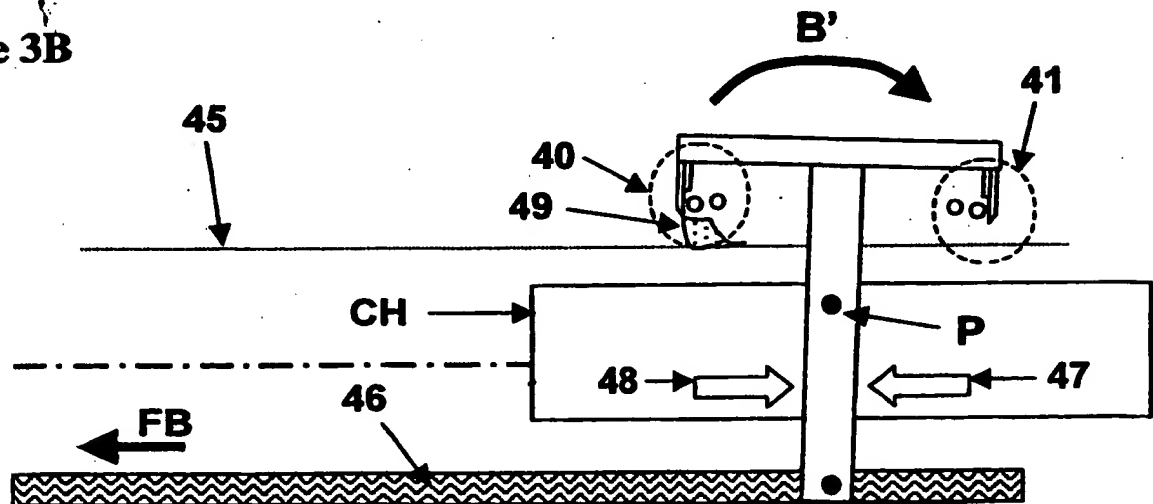
FIGURE 2

3/3

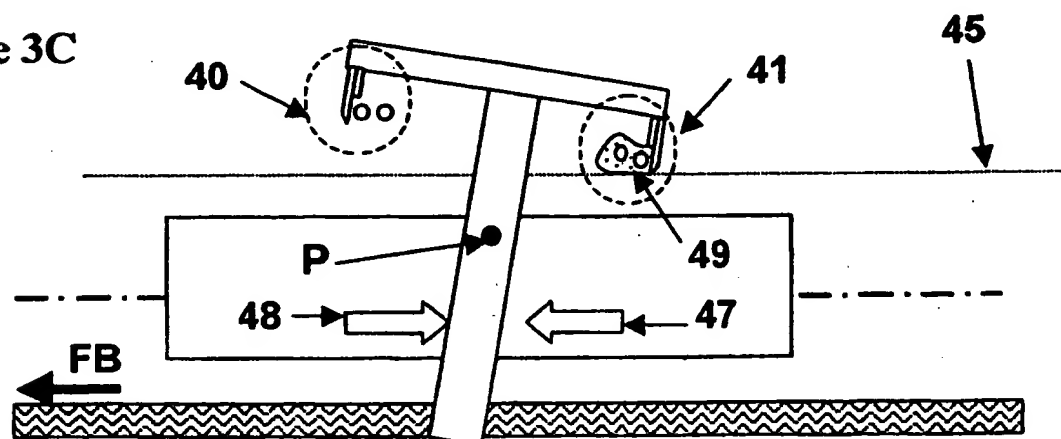
Etape 3A



Etape 3B



Etape 3C



RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Dem. Internationale No

PCT/FR 00/00493

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
CIB 7 B29C67/00 B29C41/12 B29C41/00

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)

CIB 7 B29C

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie *	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	WO 96 23647 A (3D SYSTEMS INC) 8 août 1996 (1996-08-08) cité dans la demande le document en entier	1-18
X	EP 0 807 853 A (TEIJIN SEIKI CO LTD) 19 novembre 1997 (1997-11-19) page 10, ligne 53 - ligne 56	19
X	JP 08 290475 A (OLYMPUS OPTICAL CO LTD) 5 novembre 1996 (1996-11-05) alinéas '0027!-'0029!; figures 2,3,5,6	20
X	JP 06 055643 A (ASAHI CHEM IND CO LTD) 1 mars 1994 (1994-03-01) alinéa '0012!; figures 2-5	20

-/--

☒ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

* Catégories spéciales de documents cités:

"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent

"E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date

"L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)

"O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens

"P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention

"X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément

"Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier

"Z" document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

9 juin 2000

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

19/06/2000

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Dem. Internationale No

PCT/FR 00/00493

C.(suite) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	EP 0 499 485 A (DU PONT) 19 août 1992 (1992-08-19) exemple 7A -----	19

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

information on patent family members

Intern. Patent Application No

PCT/FR 00/00493

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
W0 9623647 A	08-08-1996	AU 4971396 A BR 9607005 A CA 2210802 A CN 1172451 A EP 0807014 A JP 10513130 T US 5902537 A	21-08-1996 28-10-1997 08-08-1996 04-02-1998 19-11-1997 15-12-1998 11-05-1999
EP 0807853 A	19-11-1997	JP 9169827 A JP 10034679 A US 6017973 A	30-06-1997 10-02-1998 25-01-2000
JP 08290475 A	05-11-1996	NONE	
JP 06055643 A	01-03-1994	NONE	
EP 0499485 A	19-08-1992	US 5474719 A AU 1091592 A CA 2061125 A DE 69227391 D DE 69227391 T JP 5077324 A JP 7075868 B	12-12-1995 27-08-1992 15-08-1992 03-12-1998 29-04-1999 30-03-1993 16-08-1995

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Intern. Appl. Application No.

PCT/FR 00/00493

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 B29C67/00 B29C41/12 B29C41/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 B29C

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 96 23647 A (3D SYSTEMS INC) 8 August 1996 (1996-08-08) cited in the application the whole document	1-18
X	EP 0 807 853 A (TEIJIN SEIKI CO LTD) 19 November 1997 (1997-11-19) page 10, line 53 - line 56	19
X	JP 08 290475 A (OLYMPUS OPTICAL CO LTD) 5 November 1996 (1996-11-05) paragraphs '0027!-'0029!; figures 2,3,5,6	20
X	JP 06 055643 A (ASAHI CHEM IND CO LTD) 1 March 1994 (1994-03-01) paragraph '0012!; figures 2-5	20

-/--



Further documents are listed in the continuation of box C.



Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

Date of mailing of the international search report

9 June 2000

19/06/2000

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Inter...onal Application No

PCT/FR 00/00493

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 0 499 485 A (DU PONT) 19 August 1992 (1992-08-19) example 7A	19

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Dem. internationale No

PCT/FR 00/00493

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
WO 9623647 A	08-08-1996	AU 4971396 A	21-08-1996
		BR 9607005 A	28-10-1997
		CA 2210802 A	08-08-1996
		CN 1172451 A	04-02-1998
		EP 0807014 A	19-11-1997
		JP 10513130 T	15-12-1998
		US 5902537 A	11-05-1999
EP 0807853 A	19-11-1997	JP 9169827 A	30-06-1997
		JP 10034679 A	10-02-1998
		US 6017973 A	25-01-2000
JP 08290475 A	05-11-1996	AUCUN	
JP 06055643 A	01-03-1994	AUCUN	
EP 0499485 A	19-08-1992	US 5474719 A	12-12-1995
		AU 1091592 A	27-08-1992
		CA 2061125 A	15-08-1992
		DE 69227391 D	03-12-1998
		DE 69227391 T	29-04-1999
		JP 5077324 A	30-03-1993
		JP 7075868 B	16-08-1995

THIS PAGE BLANK (USPTO)

TRAITE DE OPERATION EN MATIERE BREVETS

PCT

NOTIFICATION D'ELECTION

(règle 61.2 du PCT)

Expéditeur: le BUREAU INTERNATIONAL

Destinataire:

Assistant Commissioner for Patents
United States Patent and Trademark
Office
Box PCT
Washington, D.C.20231
ETATS-UNIS D'AMERIQUE

en sa qualité d'office élu

Date d'expédition (jour/mois/année) 10 octobre 2000 (10.10.00)	
Demande internationale no PCT/FR00/00493	Référence du dossier du déposant ou du mandataire 500 159
Date du dépôt international (jour/mois/année) 29 février 2000 (29.02.00)	Date de priorité (jour/mois/année) 01 mars 1999 (01.03.99)
Déposant ALLANIC, André-Luc etc	

1. L'office désigné est avisé de son élection qui a été faite:

☒ dans la demande d'examen préliminaire international présentée à l'administration chargée de l'examen préliminaire international le:

09 septembre 2000 (09.09.00)

☐ dans une déclaration visant une élection ultérieure déposée auprès du Bureau international le:

2. L'élection ☒ a été faite

☐ n'a pas été faite

avant l'expiration d'un délai de 19 mois à compter de la date de priorité ou, lorsque la règle 32 s'applique, dans le délai visé à la règle 32.2b).

Bureau international de l'OMPI 34, chemin des Colombettes 1211 Genève 20, Suisse no de télécopieur: (41-22) 740.14.35	Fonctionnaire autorisé Antonia Muller no de téléphone: (41-22) 338.83.38
--	--

THIS PAGE BLANK (USPTO)

PCT

INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

(PCT Article 36 and Rule 70)

Applicant's or agent's file reference 500 159	FOR FURTHER ACTION See Notification of Transmittal of International Preliminary Examination Report (Form PCT/IPEA/416)	
International application No. PCT/FR00/00493	International filing date (day/month/year) 29 February 2000 (29.02.00)	Priority date (day/month/year) 01 March 1999 (01.03.99)
International Patent Classification (IPC) or national classification and IPC B29C 67/00		
Applicant OPTOFORM SARL PROCEDES DE PROTOTYPAGE RAPIDE		

1. This international preliminary examination report has been prepared by this International Preliminary Examining Authority and is transmitted to the applicant according to Article 36.	
2. This REPORT consists of a total of <u>8</u> sheets, including this cover sheet.	
<input checked="" type="checkbox"/> This report is also accompanied by ANNEXES, i.e., sheets of the description, claims and/or drawings which have been amended and are the basis for this report and/or sheets containing rectifications made before this Authority (see Rule 70.16 and Section 607 of the Administrative Instructions under the PCT).	
These annexes consist of a total of <u>1</u> sheets.	
3. This report contains indications relating to the following items:	
I	<input checked="" type="checkbox"/> Basis of the report
II	<input type="checkbox"/> Priority
III	<input type="checkbox"/> Non-establishment of opinion with regard to novelty, inventive step and industrial applicability
IV	<input checked="" type="checkbox"/> Lack of unity of invention
V	<input checked="" type="checkbox"/> Reasoned statement under Article 35(2) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement
VI	<input type="checkbox"/> Certain documents cited
VII	<input type="checkbox"/> Certain defects in the international application
VIII	<input type="checkbox"/> Certain observations on the international application

Date of submission of the demand 09 September 2000 (09.09.00)	Date of completion of this report 06 June 2001 (06.06.2001)
Name and mailing address of the IPEA/EP Facsimile No.	Authorized officer Telephone No.

THIS PAGE BLANK (USPTO)

INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

International application No.

PCT/FR00/00493

I. Basis of the report

1. With regard to the elements of the international application:*

- ☐ the international application as originally filed
- ☒ the description:
pages 1-19, as originally filed
pages _____, filed with the demand
pages _____, filed with the letter of _____
- ☒ the claims:
pages 1-16,17, as originally filed
pages 17,18,19, as amended (together with any statement under Article 19
pages _____, filed with the demand
pages _____, filed with the letter of _____
- ☒ the drawings:
pages 1/3-3/3, as originally filed
pages _____, filed with the demand
pages _____, filed with the letter of _____
- ☐ the sequence listing part of the description:
pages _____, as originally filed
pages _____, filed with the demand
pages _____, filed with the letter of _____

2. With regard to the language, all the elements marked above were available or furnished to this Authority in the language in which the international application was filed, unless otherwise indicated under this item.

These elements were available or furnished to this Authority in the following language _____ which is:

- ☐ the language of a translation furnished for the purposes of international search (under Rule 23.1(b)).
- ☐ the language of publication of the international application (under Rule 48.3(b)).
- ☐ the language of the translation furnished for the purposes of international preliminary examination (under Rule 55.2 and/or 55.3).

3. With regard to any nucleotide and/or amino acid sequence disclosed in the international application, the international preliminary examination was carried out on the basis of the sequence listing:

- ☐ contained in the international application in written form.
- ☐ filed together with the international application in computer readable form.
- ☐ furnished subsequently to this Authority in written form.
- ☐ furnished subsequently to this Authority in computer readable form.
- ☐ The statement that the subsequently furnished written sequence listing does not go beyond the disclosure in the international application as filed has been furnished.
- ☐ The statement that the information recorded in computer readable form is identical to the written sequence listing has been furnished.

4. ☒ The amendments have resulted in the cancellation of:

- ☐ the description, pages _____
- ☒ the claims, Nos. 20
- ☐ the drawings, sheets/fig _____

5. ☐ This report has been established as if (some of) the amendments had not been made, since they have been considered to go beyond the disclosure as filed, as indicated in the Supplemental Box (Rule 70.2(c)).**

* Replacement sheets which have been furnished to the receiving Office in response to an invitation under Article 14 are referred to in this report as "originally filed" and are not annexed to this report since they do not contain amendments (Rule 70.16 and 70.17).

** Any replacement sheet containing such amendments must be referred to under item 1 and annexed to this report.

THIS PAGE BLANK (USPTO)

INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

International application No.

PCT/FR00/00493

IV. Lack of unity of invention

1. In response to the invitation to restrict or pay additional fees the applicant has:

- ☐ restricted the claims.
- ☒ paid additional fees.
- ☐ paid additional fees under protest.
- ☐ neither restricted nor paid additional fees.

2. ☐ This Authority found that the requirement of unity of invention is not complied with and chose, according to Rule 68.1, not to invite the applicant to restrict or pay additional fees.

3. This Authority considers that the requirement of unity of invention in accordance with Rules 13.1, 13.2 and 13.3 is

- ☐ complied with.
- ☒ not complied with for the following reasons:

See continuation sheet.

4. Consequently, the following parts of the international application were the subject of international preliminary examination in establishing this report:

- ☐ all parts.
- ☐ the parts relating to claims Nos. _____

THIS PAGE BLANK (USPTO)

Supplemental Box

Continuation of: IV

- 1 Independent Claims 11 and 19 do not meet the requirement of unity of invention (PCT Rule 13), because they are not so linked as to form a single general novel and inventive concept, for the following reasons.
 - 1.1 The concept common to Claims 11 and 19 as defined by common features is:
a fast prototyping device comprising means for inducing the conversion of the raw material in a working area, means for supplying the raw material, at least one doctor blade, and means for performing at least one covering step, said means including means for translating the doctor blade.
 - 1.2 However, such a device is already known from the prior art, for example from WO-A-96/23647 (D1), see Figure 5a.
 - 1.3 Therefore Claims 11 and 19 are not linked by a common novel and inventive concept.
 - 1.4 Based on the above common concept,
Claim 11 concerns the position of a pushing member relative to a roller member, whereas
Claim 19 concerns two facing pushing members.
 - 1.5 Therefore, the application is claiming two inventions (PCT Rules 13.1 and 13.2), that of Claim 11 and the corresponding independent Claim 1, and that of Claim 19.

THIS PAGE BLANK (USPTO)

INTERNATIONAL PRELIMINARY EXAMINATION REPORT

International application No.
PCT/FR 00/00493

V. Reasoned statement under Article 35(2) with regard to novelty, inventive step or industrial applicability; citations and explanations supporting such statement

1. Statement

Novelty (N)	Claims	1-19	YES
	Claims		NO
Inventive step (IS)	Claims	1-19	YES
	Claims		NO
Industrial applicability (IA)	Claims	1-19	YES
	Claims		NO

2. Citations and explanations

Independent Claim 1

D1 (cf. Figure 6a) describes a fast prototyping method for producing three-dimensional parts by converting successive volumes of a raw material from a first state into a second state, by means of a device that induces said conversion, and at least one doctor blade including at least one roller member, said method including a repetition of one cycle including the following steps:

- at least one step of converting the raw material in at least one part of a working area using the conversion-inducing device,
- at least one step of covering the converted material with non-converted material, which covering step particularly comprises moving the doctor blade in a so-called covering direction, and rotating said roller member about an axis, wherein a bead of non-converted raw material is at least partially wound around said member. Said method comprises, at least at one time, at least one step of supplying non-converted raw material downstream from the doctor blade.

Claim 1 differs from D1 in that the method comprises, in at least one covering step, arranging part of said pushing

THIS PAGE BLANK (USPTO)

member of said doctor blade in such a way that the proximal edge of said pushing member substantially coincides with the surface of said working area as the doctor blade travels in said covering direction, in order to push the non-converted material to cover the working surface and position said roller member downstream from and opposite said pushing member in the covering direction, in such a way as to channel the bead of non-converted material moving along a path looping around said roller member(s) towards a cavity between the proximal edge of the pushing member and the facing roller member.

Neither D1 nor any of the documents cited in the Search Report anticipates or obviously suggests such a method.

Therefore, Claim 1 meets the requirements set out in PCT Article 33(2) and (3).

Independent Claim 11

D1 (cf. Figures 6a and 8i) describes a device for a fast prototyping process, comprising:

- means for inducing the conversion of the raw material in a working area,
- means for supplying raw material,
- a doctor blade comprising at least one roller member,
- means for performing at least one covering phase, said means including means for translating the doctor blade and means for rotating the roller member(s),
- means for moving previously converted volumes relative to the working area.

Claim 11 differs from D1 in that said doctor blade comprises at least one pushing member of which the proximal edge can substantially coincide with the surface

THIS PAGE BLANK (USPTO)

of the working area during doctor blade travel wherein the roller member is located opposite said pushing member and downstream therefrom in the covering direction, and the rotation axis of each roller is located opposite the pushing member.

Neither D1 nor any of the documents cited in the Search Report anticipates or obviously suggests such a pushing member.

Therefore, Claim 11 complies with the requirements set out in PCT Article 33(2) and (3).

Independent Claim 19

D1 describes (cf. Figure 9b) a fast prototyping device including

- means for inducing the conversion of the raw material in a working area,
- means for supplying raw material,
- at least one doctor blade comprising at least two facing pushing members,
- means for performing at least one covering step, said means including means for translating the doctor blade back and forth.

Claim 19 differs from D1 in that the device comprises means for raising the pushing member located downstream in the direction of doctor blade movement relative to the working area, so that in the raised position the pushing member does not carry any raw material during travel and remains inoperative and only the other, upstream pushing member is operative, each pushing member being alternately operative or inoperative according to the direction in which the doctor blade is moving.

THIS PAGE BLANK (USPTO)

However, neither D1 nor any of the documents cited in the Search Report anticipates or obviously suggests alternately raising the pushing members.

Therefore, Claim 11 also complies with the requirements set out in PCT Article 33(2) and (3).

Dependent Claims 2-10 and 12-18

Claims 2-10 are dependent on Claim 1, and Claims 12-18 are dependent on Claim 11. They thus also comply, as such, with the requirements of novelty and inventive step of the PCT.

Industrial applicability

The subject matter of the claim is also evidently industrially applicable and therefore complies with the requirements set out in PCT Article 33(4).

THIS PAGE BLANK (USPTO)

TRAITE DE COOPERATION EN MATIERE DE BREVETS

PCT

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

(article 18 et règles 43 et 44 du PCT)

Référence du dossier du déposant ou du mandataire 500 159	POUR SUITE voir la notification de transmission du rapport de recherche internationale (formulaire PCT/ISA/220) et, le cas échéant, le point 5 ci-après A DONNER	
Demande internationale n° PCT/FR 00/ 00493	Date du dépôt international(jour/mois/année) 29/02/2000	(Date de priorité (la plus ancienne) (jour/mois/année) 01/03/1999
Déposant OPTOFORM SARL PROCEDES DE PROTOTYPAGE RAPIDE et al		

Le présent rapport de recherche internationale, établi par l'administration chargée de la recherche internationale, est transmis au déposant conformément à l'article 18. Une copie en est transmise au Bureau international.

Ce rapport de recherche internationale comprend 03 feuilles.

☒ Il est aussi accompagné d'une copie de chaque document relatif à l'état de la technique qui y est cité.

1. Base du rapport

- a. En ce qui concerne la **langue**, la recherche internationale a été effectuée sur la base de la demande internationale dans la langue dans laquelle elle a été déposée, sauf indication contraire donnée sous le même point.
- ☐ la recherche internationale a été effectuée sur la base d'une traduction de la demande internationale remise à l'administration.
- b. En ce qui concerne les **séquences de nucléotides ou d'acides aminés** divulguées dans la demande internationale (le cas échéant), la recherche internationale a été effectuée sur la base du listage des séquences :
- ☐ contenu dans la demande internationale, sous forme écrite.
- ☐ déposée avec la demande internationale, sous forme déchiffrable par ordinateur.
- ☐ remis ultérieurement à l'administration, sous forme écrite.
- ☐ remis ultérieurement à l'administration, sous forme déchiffrable par ordinateur.
- ☐ La déclaration, selon laquelle le listage des séquences présenté par écrit et fourni ultérieurement ne vas pas au-delà de la divulgation faite dans la demande telle que déposée, a été fournie.
- ☐ La déclaration, selon laquelle les informations enregistrées sous forme déchiffrable par ordinateur sont identiques à celles du listage des séquences présenté par écrit, a été fournie.

2. ☐ Il a été estimé que certaines revendications ne pouvaient pas faire l'objet d'une recherche (voir le cadre I).

3. ☐ Il y a absence d'unité de l'invention (voir le cadre II).

4. En ce qui concerne le titre,

- ☒ le texte est approuvé tel qu'il a été remis par le déposant.
- ☐ Le texte a été établi par l'administration et a la teneur suivante:

5. En ce qui concerne l'abrégé,

- ☒ le texte est approuvé tel qu'il a été remis par le déposant
- ☐ le texte (reproduit dans le cadre III) a été établi par l'administration conformément à la règle 38.2b). Le déposant peut présenter des observations à l'administration dans un délai d'un mois à compter de la date d'expédition du présent rapport de recherche internationale.

6. La figure des dessins à publier avec l'abrégé est la Figure n°

- ☒ suggérée par le déposant.
- ☐ parce que le déposant n'a pas suggéré de figure.
- ☐ parce que cette figure caractérise mieux l'invention.

2

☐ Aucune des figures n'est à publier.

THIS PAGE BLANK (USPTO)

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande Internationale No

FR 00/00493

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
CIB 7 B29C67/00 B29C41/12 B29C41/00

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)

CIB 7 B29C

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie °	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	WO 96 23647 A (3D SYSTEMS INC) 8 août 1996 (1996-08-08) cité dans la demande le document en entier ---	1-18
X	EP 0 807 853 A (TEIJIN SEIKI CO LTD) 19 novembre 1997 (1997-11-19) page 10, ligne 53 - ligne 56 ---	19
X	JP 08 290475 A (OLYMPUS OPTICAL CO LTD) 5 novembre 1996 (1996-11-05) alinéas '0027!-'0029!; figures 2,3,5,6 ---	20
X	JP 06 055643 A (ASAHI CHEM IND CO LTD) 1 mars 1994 (1994-03-01) alinéa '0012!; figures 2-5 ---	20
	-/--	

☒ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

° Catégories spéciales de documents cités:

"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent

"E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date

"L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)

"O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens

"P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention

"X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément

"Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier

"&" document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

9 juin 2000

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

19/06/2000

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale
Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Mathey, X

THIS PAGE BLANK (USPTO)

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande Internationale No

P R 00/00493

C.(suite) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	<p>EP 0 499 485 A (DU PONT)</p> <p>19 août 1992 (1992-08-19)</p> <p>exemple 7A</p> <p>-----</p>	19

THIS PAGE BLANK (USPTO)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/JP 00/00493

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 9623647	A	08-08-1996	AU 4971396 A BR 9607005 A CA 2210802 A CN 1172451 A EP 0807014 A JP 10513130 T US 5902537 A	21-08-1996 28-10-1997 08-08-1996 04-02-1998 19-11-1997 15-12-1998 11-05-1999
EP 0807853	A	19-11-1997	JP 9169827 A JP 10034679 A US 6017973 A	30-06-1997 10-02-1998 25-01-2000
JP 08290475	A	05-11-1996	NONE	
JP 06055643	A	01-03-1994	NONE	
EP 0499485	A	19-08-1992	US 5474719 A AU 1091592 A CA 2061125 A DE 69227391 D DE 69227391 T JP 5077324 A JP 7075868 B	12-12-1995 27-08-1992 15-08-1992 03-12-1998 29-04-1999 30-03-1993 16-08-1995

THIS PAGE BLANK (USPTO)

DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITE DE COOPERATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(51) Classification internationale des brevets ⁷: B29C 67/00, 41/12, 41/00	A1	(11) Numéro de publication internationale: WO 00/51809 (43) Date de publication internationale: 8 septembre 2000 (08.09.00)
(21) Numéro de la demande internationale: PCT/FR00/00493 (22) Date de dépôt international: 29 février 2000 (29.02.00) (30) Données relatives à la priorité: 99/02719 1er mars 1999 (01.03.99) FR (71) Déposant (pour tous les Etats désignés sauf US): OPTOFORM SARL PROCEDES DE PROTOTYPAGE RAPIDE [FR/FR]; Rue des Sables, F-54425 Pulnoy (FR). (72) Inventeurs; et (75) Inventeurs/Déposants (US seulement): ALLANIC, André-Luc [FR/FR]; 29, rue de Solignac, F-54000 Nancy (FR). SCHAFFER, Philippe [FR/FR]; Maison Forestière, F-54700 Atton (FR). (74) Mandataire: ABELLO, Michel; Cabinet Peuscet, 78, avenue Raymond Poincaré, F-75116 Paris (FR).		(81) Etats désignés: AE, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZW, brevet ARIPO (GH, GM, KE, LS, MW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZW), brevet eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), brevet européen (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), brevet OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG). Publiée <i>Avec rapport de recherche internationale.</i> <i>Avec revendications modifiées.</i>

(54) Title: FAST THREE-DIMENSIONAL MODELLING METHOD AND DEVICE, AND THREE-DIMENSIONAL PART OBTAINED BY FAST THREE-DIMENSIONAL MODELLING

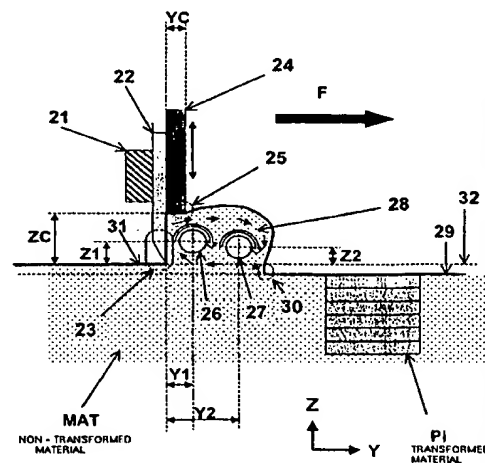
(54) Titre: PROCEDE DE DISPOSITIF DE PROTOTYPE RAPIDE, ET PIECE TRIDIMENSIONNELLE OBTENUE PAR PROTOTYPAGE RAPIDE

(57) Abstract

The invention concerns a fast three-dimensional modelling method comprising the following steps: a phase which consists in transforming the raw material in the work space (32) by means of a device inducing transformation (1); at least at one moment, a phase which consists in supplying non transformed material, downstream of the doctor blade; a phase which consists in covering the transformed material (PI) with non-transformed material (MAT), which consists in moving the blade in a direction (F), driving in rotation about an axis a rolling member (26, 27) whereon an extruded log of non-transformed raw material (28) is wound, arranging a pushing member (22) such that its proximal edge (23) coincides with the surface of said work space, and positioning said rolling member downstream of the pushing member, and opposite thereof, so as to channel the extruded log of non-transformed material towards a cavity formed between the proximal edge and the rolling member facing it.

(57) Abrégé

Procédé de prototypage rapide comprenant les étapes suivantes: une phase de transformation de la matière première dans la champ de travail (32) grâce à un dispositif induisant la transformation (1); à au moins un instant, une phase d'alimentation en matière première non transformée, en aval du racleur; une phase de recouvrement de la matière transformée (PI) par de la matière non transformée (MAT), consistant à déplacer le racleur dans une direction (F), à entraîner en rotation autour d'un axe un organe rouleur (26, 27) sur lequel s'enroule un boudin de matière première non transformée (28), à disposer un organe poussoir (22) de façon que son bord proximal (23) coïncide avec la surface dudit champ de travail, pour pousser la matière non transformée à recouvrir le champ de travail, et à positionner ledit organe rouleur en aval dudit organe poussoir, et en regard de celui-ci, de façon à canaliser le boudin de matière non transformée vers une cavité formée entre le bord proximal et l'organe rouleur en vis à vis.



UNIQUEMENT A TITRE D'INFORMATION

Codes utilisés pour identifier les Etats parties au PCT, sur les pages de couverture des brochures publiant des demandes internationales en vertu du PCT.

AL	Albanie	ES	Espagne	LS	Lesotho	SI	Slovénie
AM	Arménie	FI	Finlande	LT	Lituanie	SK	Slovaquie
AT	Autriche	FR	France	LU	Luxembourg	SN	Sénégal
AU	Australie	GA	Gabon	LV	Lettonie	SZ	Swaziland
AZ	Azerbaïdjan	GB	Royaume-Uni	MC	Monaco	TD	Tchad
BA	Bosnie-Herzégovine	GE	Géorgie	MD	République de Moldova	TG	Togo
BB	Barbade	GH	Ghana	MG	Madagascar	TJ	Tadjikistan
BE	Belgique	GN	Guinée	MK	Ex-République yougoslave de Macédoine	TM	Turkménistan
BF	Burkina Faso	GR	Grèce	ML	Mali	TR	Turquie
BG	Bulgarie	HU	Hongrie	MN	Mongolie	TT	Trinité-et-Tobago
BJ	Bénin	IE	Irlande	MR	Mauritanie	UA	Ukraine
BR	Brésil	IL	Israël	MW	Malawi	UG	Ouganda
BY	Bélarus	IS	Islande	MX	Mexique	US	Etats-Unis d'Amérique
CA	Canada	IT	Italie	NE	Niger	UZ	Ouzbékistan
CF	République centrafricaine	JP	Japon	NL	Pays-Bas	VN	Viet Nam
CG	Congo	KE	Kenya	NO	Norvège	YU	Yougoslavie
CH	Suisse	KG	Kirghizistan	NZ	Nouvelle-Zélande	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	République populaire démocratique de Corée	PL	Pologne		
CM	Cameroun	KR	République de Corée	PT	Portugal		
CN	Chine	KZ	Kazakhstan	RO	Roumanie		
CU	Cuba	LC	Sainte-Lucie	RU	Fédération de Russie		
CZ	République tchèque	LI	Liechtenstein	SD	Soudan		
DE	Allemagne	LK	Sri Lanka	SE	Suède		
DK	Danemark	LR	Libéria	SG	Singapour		
EE	Estonie						

PROCEDE ET DISPOSITIF DE PROTOTYPAGE RAPIDE, ET PIECE TRIDIMENSIONNELLE OBTENUE PAR PROTOTYPAGE RAPIDE

La présente invention porte sur un procédé de fabrication de
5 pièces tridimensionnelles à partir de données informatiques représentant
leur forme, et sur un dispositif de mise en œuvre de ce procédé. Il est
connu de réaliser des pièces par transformation de volumes successifs
(généralement de fines couches) d'une matière première d'un premier
10 état en un second état, au moyen d'un dispositif induisant ladite
transformation, par répétition d'un cycle comprenant notamment une
phase de transformation de la matière dans au moins une partie d'un
champ de travail grâce au dispositif induisant la transformation, et une
phase de recouvrement de la matière transformée par de la matière non
encore transformée.

15 La plupart des machines dites de « Prototypage Rapide » mettent
en œuvre ce type de procédé, notamment les machines de
stéréolithographie, utilisant une matière première liquide photosensible
(susceptible d'être polymérisée ou réticulée) combinée à un dispositif
d'illumination (par balayage laser ultraviolet par exemple), et les
20 machines dites de frittage de poudres, utilisant une matière première
sous forme de poudre, ladite poudre étant susceptible d'être localement
agglomérée par effet thermique (par balayage laser infrarouge par
exemple).

De nombreuses demandes de brevets relatives à ce type de machines
25 ont été déposées, notamment pour le domaine de la stéréolithographie.
Une description complète du procédé est donnée dans le document EP
0361847, des procédés similaires sont également décrits dans les
documents EP 0450762 et EP 0484182. Dans le document EP
02876657 on trouve une description détaillée d'un procédé de frittage
30 de poudre, ainsi qu'une description de l'appareil pour la mise en œuvre
du procédé.

Une caractéristique commune aux procédés de stéolithographie et
de frittage de poudres est qu'ils nécessitent la mise en œuvre de
moyens pour étaler la matière première sous forme de fines couches
35 (pour réaliser la phase de recouvrement), de manière automatique,
rapide, et homogène. De manière générale, la phase de recouvrement

consiste à balayer la surface du champ de travail à l'aide d'au moins un organe de forme allongée appelé racleur, ledit racleur étant mis en mouvement au-dessus du champ de travail. Selon les cas, le racleur transporte la matière mise en jeu pour le recouvrement, ou bien ne sert qu'à égaliser un dépôt préalable de matière.

De nombreux dispositifs ont été imaginés pour la réalisation du racleur. Par exemple, dans le domaine des poudres, on trouve dans le document EP 02876657 la description d'un racleur constitué par un rouleau animé d'un mouvement de rotation autour de son axe, cet axe étant disposé parallèlement au plan du champ de travail, la partie inférieure du rouleau coïncidant sensiblement avec l'altitude du champ de travail. Ce rouleau est animé également d'un mouvement de translation au cours duquel il entraîne un volume de matière situé en aval, et étale progressivement une nouvelle couche de matière en amont, recouvrant la matière précédemment transformée.

En ce qui concerne les matières premières liquides, on distingue deux types de procédés : soit le recouvrement proprement dit est assuré au préalable sur le champ de travail par des moyens de recouvrement (déversoir, spray, immersion, ...) , et le racleur ne fait qu'égaliser ensuite la surface libre de liquide par un mouvement de balayage horizontal, soit le racleur effectue simultanément les fonctions de recouvrement et d'égalisation. Le second mode de fonctionnement suppose le transport par le racleur (ou par des moyens annexes associés) d'un volume de matière suffisant pour recouvrir les zones venant d'être solidifiées.

Différents dispositifs ont été imaginés pour la réalisation du racleur, par exemple une simple lame rigide (cf document EP 0361847), dont la section peut avoir une forme particulière, ou l'association de deux éléments rigides (document EP 0484182), auxquels sont attachés des éléments de brosse disposés en quinconce. Ces premiers dispositifs n'ont pas donné entière satisfaction.

En effet, lorsque l'on déplace un racleur dit « racleur simple », comme par exemple une lame (ou tout autre équivalent plus ou moins souple) dont la partie inférieure est en contact avec la surface libre d'un liquide, parallèlement à ladite surface libre, on génère des efforts au voisinage de la zone de contact entre la lame et le liquide. Ces

contraintes locales de cisaillement se transmettent au sein du liquide situé en dessous de la surface libre, sur une profondeur bien supérieure à l'épaisseur de la couche mise en place.

5 Dans le cas des résines classiquement utilisées en stéréolithographie, dont le comportement est proche d'un liquide Newtonien, ayant des viscosités de quelques milliers de centiPoises, le racleur peut générer des mouvements de liquide sur une profondeur pouvant aller de quelques millimètres à quelques centimètres.

10 Les portions de matière solide ou quasi-solide transformée lors des cycles précédents constituent des obstacles au sein du liquide en mouvement, ce qui se traduit par de fortes variations des conditions d'écoulement du liquide. Il en résulte que, au voisinage des frontières de la section en cours de fabrication, apparaissent des défauts de planéité de la couche venant d'être étalée par le racleur. Une
15 illustration schématique de ces défauts est donnée dans le document WO 95/15842, où sont représentés des ménisques (concaves ou convexes), au voisinage des zones de transition liquide-solide.

Ces ménisques induisent des défauts géométriques sur les pièces réalisées, et constituent, une fois solidifiés, un handicap supplémentaire
20 pour la mise en place de la couche suivante, ce qui se traduit finalement par une amplification de défauts, incompatible avec le dispositif de recouvrement (risque d'arrachement de couches, d'accidents matériels, ...).

Pour limiter ces inconvénients, il est parfois possible de ralentir
25 la vitesse de déplacement du racleur, ou d'imposer un temps de relaxation avant de procéder à la phase de transformation suivante, mais ces solutions ont pour conséquence une augmentation substantielle des temps de fabrication des pièces, conduisant à des surcoûts de production pouvant être rédhibitoires.

30 La solution proposée dans le document WO 95/15842 ne remet pas en cause le recours à un racleur dit « racleur simple », mais consiste à réaliser au voisinage des pièces une structure de garnissage épousant sensiblement la forme des pièces, ayant pour effet de reporter les problèmes de ménisques dans des zones éloignées desdites pièces.
35 Ce procédé astucieux permet la mise en œuvre d'un « racleur simple » constitué par une pièce allongée souple de faible épaisseur, et permet

d'atteindre des durées très courtes pour les phases de recouvrement. L'apport de matière nécessaire pour effectuer la phase de recouvrement est réalisé par le transport d'une sorte de vague de matière, formée au départ du mouvement du racleur, le volume de matière constitué par ladite vague étant progressivement consommé sous l'effet de la combinaison de la gravité et du mouvement de translation.

Une autre solution, décrite dans le document WO 96/23647 consiste à utiliser un racleur dit « racleur actif », en l'occurrence, il s'agit d'un rouleau animé d'un mouvement de rotation propre dans le sens « contra-rotatif », associé à une sorte de digue, constituée par une sorte de lame rectiligne, dont la partie inférieure est située à une faible distance de la partie supérieure du rouleau. Un rouleau tournant dans le sens « contra-rotatif » est tel que tout point situé sur sa périphérie, lorsqu'il passe par le point de sa trajectoire le plus proche du champ de travail, a une vitesse tangentielle relative par rapport à l'axe de rotation dirigée dans le même sens que la vitesse de déplacement de l'axe de rotation du rouleau par rapport au champ de travail.

Le fonctionnement de ce dispositif est schématisé dans les figures de ce document, dans le cas où un dépôt préalable de matière a été réalisé en aval. La digue forme obstacle à la libre circulation du liquide situé en aval du rouleau, permettant une régulation de l'épaisseur du film formé sur la portion amont du rouleau. La surface libre du film rencontre celle de la couche formée en amont, formant un point de rebroussement très aigu au voisinage de la génératrice inférieure du rouleau. Ce point de rebroussement définit l'altitude de la surface libre de la matière déposée en amont, et comme en régime permanent il est fixe par rapport à l'axe du rouleau, la couche peut être bien égalisée.

Une analyse détaillée des phénomènes physiques mis en jeu est proposée dans le document, pour expliquer les avantages d'un tel dispositif par rapport à une simple lame (racleur simple), notamment en ce qui concerne les interactions avec le liquide situé au voisinage du racleur. Il apparaît notamment, que le sens de rotation « contra-rotatif » du rouleau atténue fortement lesdites interactions, alors qu'à l'opposé, un mouvement dans le sens non « contra-rotatif », qu'on appellera « sens roulant » dans la suite de ce document, induirait des effets de

pression ayant pour conséquence la mise en place d'une couche non homogène.

Différentes variantes sont proposées, notamment concernant la section de ladite digue et son orientation. D'autres variantes pour remédier aux effets indésirables d'accumulation éventuelle de la matière au voisinage de la lame sont exposées : utilisation d'un dispositif d'évacuation à vis sans fin, ou d'une lame dans laquelle est pratiquée une canalisation. Enfin, deux modes d'alimentation sont proposés pour le dispositif : soit la couche de matière est préalablement déposée en aval, et le racleur ne fait que corriger les défauts de planéité résiduels, soit le racleur transporte un volume de liquide suffisant pour fournir la quantité de matière nécessaire au recouvrement (comme pour la solution du document WO 95/15842).

Il existe une gamme de matériaux particulièrement intéressants pour le Prototypage Rapide, permettant notamment de s'affranchir du défaut principal des poudres (réalisation de pièces poreuses) et de celui des résines liquides acryliques ou époxy (faible résistance mécanique, fragilité, etc...) : les matériaux fortement visqueux, voire pâteux. Ces matériaux peuvent être obtenus par exemple par addition d'un fort taux volumique de charge solide (poudre), dans un liant constitué de résine liquide photosensible ou thermodurcissable. Dans la suite, on qualifiera de pâtes la catégorie de matériaux englobant les matériaux de très forte viscosité (supérieure à 10000 centiPoises), ou les matériaux « à seuil marqué ». Un matériau « à seuil » est tel qu'il ne s'écoule pas (gradient nul) tant que la contrainte de cisaillement qui lui est appliquée ne dépasse pas une valeur minimale. On dira qu'un matériau présente un « seuil marqué », lorsque la valeur de cette contrainte de cisaillement est supérieure à 20 Newton par mètre carré.

Les solutions connues pour effectuer les phases de recouvrement ne conviennent pas pour le traitement des pâtes, en raison principalement de leur relative « insensibilité » à l'action de la gravité terrestre.

En effet, il faut tout d'abord recouvrir la matière venant d'être transformée par une couche de pâte, ce qui est bien sûr pratiquement impossible par simple procédé d'immersion. La solution classiquement adoptée, consistant à transporter un volume de matière avec une racle,

mise en mouvement parallèlement au champ de travail, et à déposer progressivement ce volume de matière, situé en aval de la racle, sur les couches inférieures, est relativement difficile à mettre en œuvre avec les pâtes. Pour que l'étalement ait lieu, il est indispensable que le volume de matière situé en aval de la racle, proche du bord inférieur de celle-ci, soit en contact avec la surface libre des couches inférieures. En effet, le volume de matière est alors soumis à un fort gradient de vitesse (vitesse de déplacement du racleur pour la partie en contact avec la racle, et vitesse nulle pour la partie en contact avec les couches inférieures), générant les contraintes de cisaillement requises pour obtenir l'écoulement de matière indispensable d'aval en amont. Tant que la gravité assure un écoulement descendant du volume de matière situé en aval, suffisamment rapide pour compenser le flux de matière consommée pour l'étalement, ce contact indispensable peut être maintenu. Par contre, si ce contact est rompu, le volume de matière en amont est simplement transporté, sans être étalé. Or, avec des pâtes, le flux induit par l'action de la gravité au sein du volume en aval de la racle est très faible (en raison de leur forte viscosité), et peut même être nul si leur seuil d'écoulement est suffisamment important. Par conséquent, même si on fournit au départ un volume de matière en aval de la racle, théoriquement suffisant pour assurer le recouvrement souhaité, on s'expose à des « décrochages », ou défauts de recouvrement (formation de « trous » dans la couche déposée), incompatibles avec le procédé de fabrication.

Certes, pour contourner le problème, on pourrait imaginer effectuer un dépôt préalable de matière, la racle ne jouant alors plus qu'un rôle d'égalisation. Cependant, il n'est pas simple de réaliser un tel dépôt préalable. En effet, il faudrait recourir à des moyens de transfert adaptés aux matériaux pâteux (pompes spéciales), assurer leur déplacement au-dessus du champ de travail, ce qui engendre des coûts et une complexité supplémentaire, surtout si on désire contrôler finement le débit de matière. De plus, pour ne pas risquer de « décrochage », il faudrait nécessairement fournir un excès permanent de matière en aval. Or cela impliquerait une accumulation progressive de matière sur la racle lors de son parcours au-dessus du champ de

travail, et donc la nécessité de mettre en œuvre des moyens pour éliminer le volume ainsi accumulé.

Le procédé selon l'invention permet de remédier à ces inconvénients. Pour simplifier la suite de la description, on a choisi de se placer implicitement dans le cas particulier où le champ de travail est horizontal (cela permet d'utiliser des expressions telles que « au-dessus », « bord inférieur », etc...). Ce choix rédactionnel ne doit pas être interprété comme une limitation de la portée de l'invention, dans la mesure où avec des pâtes, le procédé selon l'invention peut fonctionner avec un champ de travail non horizontal, voire avec un champ de travail ayant une surface courbée.

Selon un exemple de l'invention, lors de l'une au moins des phases de recouvrement, ladite phase de recouvrement utilisant au moins un racleur mis en mouvement pour effectuer les différentes phases de recouvrement, ledit racleur comprenant au moins un organe de forme allongée appelé pousseur, dont le bord inférieur décrit une surface coïncidant sensiblement avec la surface du champ de travail lors du parcours du racleur au-dessus du champ de travail, on forme une sorte de boudin de matière première, c'est-à-dire un volume de matière première de forme allongée, disposé contre le bord inférieur du pousseur, en aval de celui-ci, la portion inférieure du boudin étant située au voisinage de la surface du champ de travail, et on anime le boudin de matière première d'un mouvement de rotation sur lui-même autour de son axe, au moyen d'au moins un organe appelé rouleur, situé en aval du pousseur, ledit rouleur étant animé d'un mouvement de rotation autour d'un axe sensiblement parallèle au racleur.

Ainsi, on assure un recyclage rapide de la matière première au voisinage du bord inférieur du pousseur, en aval, ce qui permet de s'affranchir du problème de « décrochage » cité ci-dessus, le boudin étant transporté par le pousseur en mouvement au-dessus de la surface du champ de travail.

Avantageusement, selon l'invention, on impose audit boudin de matière première une rotation dans le « sens roulant ». En effet, un tel sens de rotation permet d'animer la matière constituant la portion inférieure du boudin d'une composante de vitesse opposée à celle imposée par le mouvement du pousseur, ce qui contribue à limiter les

interactions avec les couches inférieures, et donc à limiter l'amplitude des défauts (ménisques) qui en résultent.

Selon l'invention, on pourra avantageusement transporter le boudin de matière première formé en aval du pousseur selon un mouvement de roulement sans glissement sur le champ de travail, en adaptant la vitesse de rotation propre dudit boudin de matière première à la vitesse de déplacement du pousseur. Ce mode particulier de transport de la matière permet d'assurer une vitesse relative de la matière située dans la portion inférieure du boudin, par rapport à celle des couches inférieures, pratiquement nulle lorsqu'elle entre en contact avec lesdites couches inférieures, ce qui contribue fortement à un dépôt « en douceur », comme si on déroulait un film de pâte sur les couches inférieures. Il suffit que la portion de matière située au voisinage de la surface extérieure dudit boudin respecte cette condition de roulement sans glissement pour obtenir l'effet désiré (d'éventuels mouvements internes de matière au sein du boudin de matière, non conformes aux conditions de roulement sans glissement, sont acceptables). Les pâtes obtenues par ajout d'une charge solide dans un liant liquide étant en général opaques, seule la surface extérieure du boudin de matière est visible, c'est pourquoi, pour obtenir l'effet bénéfique désiré, on dira que le boudin de matière doit être transporté selon un mouvement « apparent » de roulement sans glissement.

Selon l'invention, pour fournir au racleur la matière première nécessaire au recouvrement, on procède avantageusement de la manière suivante : on forme sur la trajectoire du racleur, grâce à des moyens d'alimentation, au moins un volume de matière première dont la partie supérieure est émergente par rapport à la surface décrite par le bord inférieur du pousseur lors du mouvement du racleur, de sorte que, lors de son parcours, le racleur arase ladite partie émergente de matière première et la transporte en direction du champ de travail pour recouvrir la matière déjà transformée. Ce mode d'alimentation permet notamment de déporter la zone d'alimentation en dehors du champ de travail, et d'éviter la mise en œuvre de moyens d'alimentation mobiles. On peut également prévoir, en variante, une alimentation en continu en matière première non transformée.

Il est avantageux d'utiliser des matières premières qui, dans leur premier état, sont des matériaux pâteux présentant un seuil d'écoulement marqué. En effet, avec de tels matériaux, on limite la profondeur sur laquelle on entraîne des mouvements au sein des couches inférieures, ces mouvements ne pouvant avoir lieu qu'à partir d'un niveau de contraintes minimal (le seuil d'écoulement). Or, plus ladite profondeur est faible, moins les risques d'apparition de ménisques, sont importants.

Dans une variante de l'invention, on effectue au moins une fois une inversion du sens de déplacement du racleur pour réaliser deux phases de recouvrement successives (séparées ou non par une phase de transformation). Ce mode permet d'éviter de faire parcourir au racleur un parcours de recyclage, qui serait nécessaire si la phase de recouvrement était réalisée toujours dans le même sens. Dans le cadre de cette variante de l'invention, il est avantageux de former le boudin de matière première entre deux pousseurs disposés parallèlement entre eux (au moins un rouleur étant disposé dans l'espace compris entre les deux pousseurs), de sorte que, lors de l'inversion du mouvement du racleur, on puisse toujours avoir un boudin en aval d'un pousseur. En effet, comme cela est décrit dans le commentaire de la figure 3, on peut faire en sorte que le boudin se détache du pousseur avec lequel il était en contact, et soit récupéré par le second pousseur après inversion du mouvement. Ainsi, il est possible de s'affranchir de la nécessité de fournir un apport de matière avant chaque phase de recouvrement.

Au sens de l'invention, les deux organes pousseurs peuvent être distincts ou bien reliés par une structure monobloc du type en U inversé, ou autre.

Il n'est pas nécessaire de disposer de plus d'un rouleur, étant donné que celui-ci est placé entre les deux pousseurs, il peut être utilisé alternativement avec l'un ou l'autre des pousseurs, en adaptant éventuellement son sens de rotation au sens de déplacement. Comme cela est illustré à la figure 3, on pourra avantageusement, pour la mise en œuvre de cette variante du procédé selon l'invention, réaliser un racleur comportant au moins deux pousseurs liés à un châssis commun, ledit châssis étant lié aux moyens de guidage et d'entraînement du racleur au moyen d'une liaison par pivot.

Avantageusement, on assure une élévation sensible du pousseur, situé en aval (relativement au sens de déplacement du racleur) par rapport à la surface du champ de travail, de sorte que celui-ci ne se charge pas de matière première en arasant, lors de son passage au-dessus du champ de travail, les éventuels ménisques émergeants créés lors de la phase de recouvrement précédente. Après inversion du sens de déplacement du racleur, la matière première ainsi accumulée sur le pousseur risque d'être déposée de manière incontrôlable sur le champ de travail, ce qui conduirait à la mise en place d'une couche irrégulière.

Le dispositif pour la mise en œuvre de l'invention peut comprendre :

- des moyens pour induire la transformation de la matière première dans un champ de travail
- des moyens pour effectuer les phases de recouvrement utilisant au moins un racleur comportant au moins un pousseur, ledit pousseur étant constitué par un élément mécanique de forme allongée, dont le bord inférieur décrit une surface coïncidant sensiblement avec la surface du champ de travail lors du parcours du racleur au-dessus du champ de travail, et au moins un rouleur, constitué par un élément mécanique de forme allongée, disposé parallèlement au pousseur, en aval du pousseur, et entraîné en rotation, par des moyens d'entraînement, autour d'un axe sensiblement parallèle au pousseur, le ou lesdits racleur(s) étant mis en mouvement sensiblement parallèlement au champ de travail au cours des phases de recouvrement par l'intermédiaire de moyens de guidage et d'entraînement.
- des moyens pour déplacer les volumes déjà transformés par rapport au champ de travail
- éventuellement un conteneur pour contenir de la matière
- des moyens pour piloter les différents organes du dispositif
- des moyens d'alimentation en matière première

Pour obtenir aisément la formation d'un boudin de matière première roulant sur lui-même au voisinage du bord inférieur du pousseur, en aval dudit pousseur, il est intéressant de disposer le rouleur par rapport au pousseur de manière à assurer l'existence d'un interstice

suffisamment grand entre la surface de la couche précédemment déposée et la portion inférieure dudit rouleur. En effet, un tel interstice permet à la matière située en aval du pousseur, au voisinage du bord inférieur du rouleur, de circuler selon la trajectoire sensiblement circulaire imposée par le mouvement du rouleur, sans être « freinée » ou déviée de sa trajectoire, par la matière fixe des couches inférieures (notamment les portions transformées) avec laquelle elle entre en contact. Cet écoulement local en arc de cercle, autour de l'axe du rouleur, en aval du pousseur, permet d'amorcer la formation du boudin de matière désiré, et lorsqu'il est réalisé, d'entretenir son mouvement de rotation sur lui-même. On a pu constater qu'avec un interstice de hauteur au moins égale à l'épaisseur de la couche en cours de dépôt, la formation du boudin et sa rotation propre sont faciles à obtenir avec des pâtes peu épaisses, pour des pâtes plus épaisses il est préférable d'avoir un interstice nettement supérieur à l'épaisseur de la couche en cours de dépôt. Pour réaliser cette hauteur minimale de l'interstice (épaisseur de la couche en cours de dépôt), il suffit de disposer l'axe de rotation du rouleur à une altitude supérieure à celle du bord inférieur du pousseur, la différence d'altitude entre l'axe de rotation du rouleur et le bord inférieur du pousseur étant au moins égale à la valeur du plus grand rayon des cercles décrits par les points matériels du rouleur lors de son mouvement de rotation propre.

Le dispositif pour la mise en œuvre du procédé selon l'invention peut être tel que l'axe de rotation du rouleur est disposé relativement au bord inférieur du pousseur, en aval dudit pousseur, à une altitude supérieure ou égale au plus grand rayon des cercles décrits par les points matériels du rouleur lors de son mouvement de rotation propre.

Avantageusement, le sens de rotation du rouleur est le « sens roulant », ce qui permet d'imposer au boudin de matière transporté un sens de rotation dans le « sens roulant ».

Il est intéressant de choisir un pousseur dont la face en regard avec le rouleur présente une protubérance sensiblement parallèle au bord inférieur du pousseur, la section de ladite protubérance présentant avantageusement une portion anguleuse bien marquée. En effet, on réalise ainsi une sorte de cavité dans la portion inférieure du pousseur, qui, combinée à l'action du rouleur et au déplacement du pousseur,

contribue à canaliser la matière transportée par le racleur sous la forme de boudin roulant sur lui-même. Il est intéressant également de pouvoir régler facilement l'altitude de ladite protubérance, par exemple à l'aide d'une pièce rapportée plaquée contre la face aval du pousseur, comme
5 cela est illustré à la figure 2 annexée. En effet, on a constaté que ce paramètre (altitude de la protubérance) permet d'optimiser la qualité du recouvrement effectué en fonction des caractéristiques rhéologiques du matériau traité. Par conséquent, avec un tel pousseur à « géométrie variable », on pourra traiter de manière optimale une grande variété de
10 pâtes, par un simple réglage mécanique, plutôt que de devoir changer le pousseur à chaque changement de matériau.

Il est avantageux de choisir un pousseur présentant une forme effilée dans sa partie inférieure. En effet, on a constaté que pour les pâtes très épaisses, la qualité des couches était nettement améliorée par la mise en
15 œuvre d'un pousseur ayant, dans sa partie inférieure, un bord relativement tranchant. Il est intéressant de jouer, pour cette sorte d'outil de coupe, sur l'angle d'attaque et l'angle de dépouille, afin de s'adapter au mieux aux particularités de chaque matériau. Avec des pâtes, il est parfois difficile d'assurer une parfaite homogénéité de la
20 matière, ce qui peut être gênant pour le procédé. Par exemple dans le cas où des bulles d'air sont emprisonnées lors de la réalisation du mélange, il peut en résulter l'apparition de « trous » après étalement de la matière. Pour remédier à cet inconvénient, il est intéressant de faire parcourir au racleur, une certaine course de démarrage, dans une zone
25 externe au champ de travail, proche de la frontière du champ de travail. En effet, au cours de cette course de démarrage, avant d'atteindre son régime permanent de fonctionnement, le racleur selon l'invention brasse la matière située en aval, ce brassage ayant pour effet d'une part d'homogénéiser la matière initialement délivrée, et d'autre
30 part, de conformer la matière pour obtenir la forme de boudin désirée.

Dans le cas où l'on désire recouvrir de grandes surfaces, avec une épaisseur de matière importante, on doit fournir au départ un volume important de matière, ce qui rend plus difficile l'opération de brassage initial. De plus, le volume de matière diminue
35 progressivement au cours de l'opération de recouvrement, ce qui peut nécessiter, dans certains cas, une adaptation évolutive des paramètres

de fonctionnement. Une telle adaptation est facilement réalisable pour ce qui concerne la vitesse de rotation du rouleur et la vitesse de déplacement du racleur, par contre il est beaucoup plus délicat de fournir des moyens pour faire évoluer les paramètres géométriques de configuration du racleur au cours du recouvrement.

L'ajout d'un second rouleur animé d'un mouvement propre de rotation permet d'améliorer le fonctionnement du racleur selon l'invention. En effet, avec un racleur constitué d'un pousseur et d'au moins deux rouleurs, on peut obtenir un brassage plus efficace qu'avec un seul rouleur, et on peut aussi atténuer les effets liés à l'évolution du volume de matière transporté. En effet, le volume de matière circulant au voisinage du rouleur le plus proche du bord inférieur du pousseur évolue peu, cette évolution est reportée sur le second rouleur qui, étant éloigné du bord inférieur du pousseur, perturbe peu l'opération de recouvrement.

Lorsque le volume de matière transportée est important, il n'est pas simple de canaliser les écoulements de matière avec un seul rouleur, notamment si l'on désire obtenir un mouvement du boudin proche du roulement sans glissement sur le champ de travail. C'est pourquoi, il est avantageux pour la réalisation du racleur, d'utiliser au moins deux rouleurs animés d'un mouvement de rotation dans le « sens roulant ».

Pour la réalisation du racleur selon l'invention, de nombreuses variantes peuvent encore être mises en œuvre : la forme géométrique de la section du pousseur peut être constante ou non le long du pousseur, le rouleur peut être choisi dans la famille des barreaux prismatiques de section circulaire, carrée, triangulaire, le nombre de rouleurs peut également être supérieur à deux, on peut associer plusieurs racleurs pour effectuer simultanément plusieurs passages (ébauche, finition par exemple) sur la même zone, etc ...

Pour mieux faire comprendre l'objet de l'invention, on va en décrire, à titre d'exemples purement illustratifs et non limitatifs, plusieurs modes de réalisation représentés sur les dessins annexés. Sur ces dessins :

- la figure 1 représente une vue partielle d'ensemble en perspective d'un dispositif pour la mise en œuvre du procédé selon l'invention ;

- la figure 2 représente une vue en coupe longitudinale partielle du mode préféré de réalisation d'un racleur pour la mise en œuvre de l'invention ;
- la figure 3 représente schématiquement trois vues latérales d'un exemple de réalisation d'un mode particulier de réalisation des phases de recouvrement selon l'invention, avec inversion du sens de déplacement du racleur à l'étape 3B pour effectuer deux phases de recouvrement successives aux étapes 3A et 3C.

Sur la figure 1 est représentée une vue d'ensemble d'un dispositif pour la mise en œuvre du procédé selon l'invention. Un dispositif pour induire les transformations 1 dans un champ de travail 104, est disposé au dessus du centre d'un support 2 constitué par une pièce rectangulaire (de dimensions LX selon l'axe X et LY selon l'axe Y) dont la face supérieure est plane, le support étant lié à des moyens de guidage et d'entraînement 3 par l'intermédiaire d'une pièce de liaison 4. Une table T dont la face supérieure 5 est plane et horizontale, dans laquelle est pratiquée une ouverture 6 rectangulaire de dimension supérieure à LX selon l'axe X et supérieure à LY selon l'axe Y, est disposée de sorte que, lors de son mouvement, le support 2 puisse passer au travers de ladite ouverture 6. Deux autres ouvertures (7, 8) de forme allongée, de longueur approximativement égale à LX, disposées parallèlement à l'axe X, à une faible distance du bord de l'ouverture 6, sont également pratiquées dans ladite table T. Un racleur 9 de forme allongée, lié à des moyens de guidage et d'entraînement 101 pour être animé d'un mouvement de translation horizontal selon l'axe Y, est susceptible de se déplacer d'une position initiale (la position dans laquelle il est représenté en trait plein) à une position finale (9' : position du racleur représenté en pointillé). Des moyens d'alimentation en matière 103, constitués par exemple par des pistons remplis initialement de matière, ou par un dispositif de pompage, sont reliés aux ouvertures 7 et 8, pour permettre un apport de matière, selon la direction ascendante Z, au travers desdites ouvertures 7 et 8. Les ouvertures 6, 7 et 8 sont situées dans une zone basse, délimitée par le contour 10, dans laquelle la face supérieure de la table est plane et horizontale, mais dont l'altitude est légèrement inférieure à celle de la face 5.

Des moyens de pilotage 102, reliés aux organes 1, 3, 101 et 103, permettent de piloter le dispositif.

Initialement, le support 2 est amené à une position telle que sa face supérieure coïncide sensiblement avec la face supérieure de la table T. De la matière est distribuée au travers des ouvertures 7 et 8, et le racleur 9 effectue un mouvement d'aller-retour entre ses deux positions extrêmes, de sorte que l'espace compris dans la zone basse, soit progressivement comblé par de la matière, la surface libre de la matière coïncidant sensiblement avec le plan de la face 5, la face supérieure du support 2 étant recouverte d'une fine couche de matière. A ce stade le cycle de fabrication peut démarrer : on réalise une première phase de transformation à l'aide du dispositif 1, de sorte que les parties transformées adhèrent au support 2, puis le support 2 est déplacé vers le bas, d'une distance correspondant à l'épaisseur de la couche désirée. On suppose que le racleur est situé à la position 9, de la matière est distribuée par l'ouverture 7, puis le racleur se déplace jusqu'à la position 9', effectuant le recouvrement souhaité. Une nouvelle phase de transformation peut alors être réalisée, puis, après descente du support 2, alimentation en matière par l'ouverture 8, et retour du racleur à la position initiale 9, on est prêt à effectuer une nouvelle phase de transformation. Le cycle peut ainsi être réalisé autant de fois qu'il est nécessaire pour empiler suffisamment de couches pour la réalisation complète d'une pièce. En fin de fabrication, le support se retrouve recouvert d'une sorte de parallélépipède de matière, formé par l'empilement des couches, la pièce étant incluse dans ce volume de matière. Le support est alors dégagé vers le bas, en vue des opérations de post traitement de la pièce (élimination ou récupération de la matière environnant la pièce, nettoyage, traitements de finition, ...).

La succession des opérations est gérée par des moyens informatiques de pilotage (102) reliés aux différents organes de la machine (1, 3, 101, 103).

Sur la figure 2 est représenté en coupe transversale un mode préféré de réalisation d'un racleur selon l'invention. Le poussoir est constitué par deux pièces (22, 24) de section constante, liées à un châssis 21, le châssis étant lié, directement ou non à des organes de guidage et d'entraînement (non représentés). La pièce 22 possède dans

sa partie inférieure 23 une forme effilée. La pièce 24 est susceptible d'être déplacée selon la direction verticale (Axe Z), et possède dans sa partie inférieure une portion anguleuse 25 qui constitue une protubérance par rapport à la face de la pièce 22 en contact avec la matière première 28, de sorte que l'altitude à laquelle se situe ladite protubérance est facilement réglable, pour permettre une adaptation à différents types de matériaux. Deux rouleurs, 26 et 27, constitués par des cylindres disposés parallèlement au pousseur sont liés au châssis 21 par l'intermédiaire de paliers (non représentés) et liés chacun à un organe d'entraînement (non représenté) pour être animés d'un mouvement de rotation propre dans le « sens roulant ». L'ensemble du racleur ainsi constitué est déplacé en translation selon l'axe Y (dans le sens indiqué par la flèche F), entraînant un volume de matière 28, qui, du fait du mouvement de rotation propre des rouleurs, est amené à former une sorte de boudin de section pratiquement constante le long de son axe, roulant sur lui-même selon un axe de rotation parallèle au racleur (ce mouvement de rotation de la matière entraînée est symbolisé par les petites flèches au sein du volume 28), conformément au procédé selon l'invention, et roulant sur la surface libre de matière déjà déposée (représentée par le plan 29). Au voisinage de la zone 30, une portion du volume de matière transporté est déposée sur la surface 29 (alimentation en aval), ce dépôt étant égalisé par le bord inférieur du pousseur au voisinage de la zone 31 pour réaliser, en amont, une nouvelle surface libre de matière, coïncidant sensiblement avec l'altitude du champ de travail 32. Les paramètres essentiels de réglage de ce dispositif sont les suivants : D1 et D2 diamètres respectifs des cylindres 26 et 27, A1 et A2 vitesse angulaire de rotation respective des cylindres 26 et 27, (Z1, Y1) et (Z2, Y2) les coordonnées des axes respectifs des pièces 26 et 27 par rapport au point de contact entre la surface 32 et la partie inférieure de la pièce 22, ZC et YC les dimensions de la cavité formée par l'assemblage des pièces 23 et 24 (ZC étant facilement réglable par déplacement de la pièce 24), enfin VY la vitesse de déplacement de l'ensemble.

Dans le mode préféré de réalisation, les valeurs choisies sont les suivantes : D1 et D2 compris entre 2 et 20 mm, A1 et A2 compris entre 10 et 1500 tours/minute, Z1 (respectivement Z2) compris entre

0.5 et 4 fois D1 (respectivement D2), Y1 (respectivement Y2) compris entre 0.5 et 6 fois D1 (respectivement D2), YC compris entre 0.5 et 10 millimètres, ZC compris entre 2 et 20 millimètres, et VY compris entre 1 et 200 millimètres/seconde.

5 Si la distance ZC est nettement supérieure à la distance Z1 ou Z2, la matière située dans la zone 23 risque d'être aspirée vers le haut, ce qui pourrait provoquer un détachement de la matière, voire un manque de matière au niveau de la zone 23. En revanche, plus la distance ZC est proche de la distance Z1 ou Z2, plus la pièce 24
10 viendra comprimer la matière vers le bas dans la zone 23. Un bon compromis consisterait à prévoir une distance ZC sensiblement égale à deux fois la distance Z1, pour équilibrer la force de remontée de la matière entraînée par le rouleur 26, avec la force de compression de la matière du fait de la protubérance 24.

15 Par ailleurs, il est avantageux de prévoir la portion anguleuse 25 avec un point de rebroussement, afin d'éviter que la matière remonte le long de la pièce 24 et conduise à un détachement de la matière par rapport au pousseur et au rouleur.

20 Sur la figure 3 est représenté un racleur constitué par l'assemblage de deux ensembles identiques dans une configuration « face à face », permettant d'effectuer une inversion du sens de déplacement du racleur entre deux phases de recouvrement successives (mouvement de va et vient). Le fonctionnement de ce dispositif est schématisé en trois étapes (3A, 3B et 3C).

25 Les deux ensembles 40 et 41 sont constitués chacun, pour l'exemple représenté, d'un pousseur et de deux rouleurs, dans une configuration symétrique telle que les rouleurs sont situés dans l'espace compris entre les deux pousseurs.

30 Cette association est réalisée par deux pièces en forme de T situées aux extrémités de l'ensemble allongé formé par les deux racleurs, de manière à réaliser une sorte de portique. Sur le schéma, en vue de côté, seule l'une des extrémités du portique a été représentée. La pièce en T représentée, constituée par une barre « horizontale » 42, et une jambe « verticale » 43, est reliée à un chariot CH guidé en
35 translation parallèlement au champ de travail représenté par la ligne 45, la liaison étant réalisée au moyen d'un pivot P. L'extrémité inférieure

du T est reliée, dans l'exemple représenté, par un second pivot P', à des moyens d'entraînement constitués ici par une courroie 46 ayant une portion parallèle au champ de travail 45, ladite courroie étant entraînée par des moyens d'entraînement (moteur, poulie, ... : non représentés).

5 Deux butées réglables (47, 48) situées sur le chariot CH, permettent de limiter le mouvement de basculement de la pièce en T. Sur la figure 3A, une force dirigée selon la flèche FA est appliquée à la courroie, provoquant un basculement du portique selon le sens indiqué par la flèche B. Lorsque la pièce 43 arrive en contact avec la butée 47, le
10 portique est bloqué dans son mouvement de pivot, et est entraîné en translation dans la direction de la flèche FA. Le réglage de la butée 47 permet de faire coïncider l'altitude de la couche déposée par la portion 40 du racleur avec le plan de travail 45. Le boudin de matière 49 a été représenté au voisinage de la portion 40 du racleur, ce volume de
15 matière est transporté dans la direction FA pour effectuer le recouvrement. Sur la figure 3B, la force appliquée sur la courroie est inversée (direction FB), ce qui se traduit par un basculement du portique selon le sens B'. Lors de ce basculement, le boudin de matière 49 reste en contact avec le plan de travail 45, et quitte donc la portion
20 40 du racleur qui a été élevée par rapport à la surface 45 lors du basculement. Sur la figure 3C, le mouvement de basculement amorcé à la figure 3B est achevé, la pièce 43 étant entrée en contact avec la butée 48. Le réglage de la butée 48 est tel que l'altitude de la couche déposée par la portion 41 du racleur coïncide sensiblement avec le plan de
25 travail 45, de sorte que, lors du mouvement de translation (selon la flèche FB, une fois le basculement terminé), la portion 41 du racleur se charge du volume de matière 49 pour effectuer un recouvrement sur le champ de travail. On constate que dans le mouvement de va et vient du dispositif, la matière est transférée d'un racleur à l'autre (ou, si l'on
30 considère l'ensemble comme un racleur unique, d'un côté à l'autre du racleur), ce qui permet éventuellement d'alimenter l'ensemble une seule fois pour effectuer plusieurs phases de recouvrement successives. Ainsi, on peut se limiter à une seule zone de distribution de la matière, au lieu des deux zones (ouvertures 7, 8) représentées dans le cas de la
35 figure 1.

Le basculement autour d'un pivot permet de réaliser très simplement une élévation de la portion inférieure du pousseur du racleur (inactif) situé en aval, pour éviter que ce pousseur inactif arase de la matière au cas où la surface libre de matière présenterait des défauts (ménisques vers le haut), ce qui conduirait, comme cela a été signalé plus haut, à des risques de dépôt incontrôlé de matière, lors du retour de ce pousseur inactif (qui devient alors le pousseur actif).

REVENDICATIONS

1. Procédé de prototypage rapide pour la production de pièces tridimensionnelles par transformation de volumes successifs d'une matière première d'un premier état en un second état, au moyen d'un dispositif induisant ladite transformation (1), et d'au moins un racleur (9, 40, 41) comprenant au moins un organe rouleur (26, 27), ledit procédé comportant une répétition d'un cycle comprenant les étapes suivantes :

- au moins une phase de transformation de la matière première dans au moins une partie d'un champ de travail (104, 32, 45) grâce au dispositif induisant la transformation (1),

- au moins une phase de recouvrement de la matière transformée (PI) par de la matière non transformée (MAT), ladite phase de recouvrement consistant notamment à déplacer le racleur dans une direction donnée dite de recouvrement (F) et à entraîner en rotation autour d'un axe ledit organe rouleur sur lequel s'enroule au moins en partie un boudin de matière première non transformée (28, 49),

ledit procédé comportant, à au moins un instant, au moins une phase d'alimentation en matière première non transformée, en aval du racleur, caractérisé par le fait qu'il consiste, dans au moins une phase de recouvrement, à disposer une partie dite organe pousseur (21) dudit racleur de façon que le bord proximal (23) dudit organe pousseur coïncide sensiblement avec la surface dudit champ de travail lors du parcours du racleur dans ladite direction de recouvrement (F), pour pousser la matière non transformée à recouvrir le champ de travail, et à positionner ledit organe rouleur en aval dudit organe pousseur, par rapport à la direction de recouvrement, et en regard de celui-ci, de façon à canaliser le boudin de matière non transformée (28, 49), circulant selon une trajectoire en boucle autour du (ou des) organe(s) rouleur(s) précité(s), vers une cavité formée entre le bord proximal (23) de l'organe pousseur et l'organe rouleur en vis à vis.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il consiste à entraîner l'organe rouleur (26, 27) en rotation dans un sens tel que le boudin de matière (28, 49) présente dans sa portion proximale au niveau du champ de travail, une composante de vitesse de sens opposé à ladite direction de recouvrement (F) précitée.

3. Procédé selon la revendication 2, caractérisé par le fait qu'il consiste à entraîner l'organe rouleuse (26, 27) avec une vitesse (A1, A2) telle que le boudin de matière roule sans glisser sur le champ de travail, pour amener la matière située dans la portion proximale (30) dudit boudin à se déposer avec une vitesse pratiquement nulle sur le champ de travail.

4. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé par le fait que, lors d'au moins une phase d'alimentation, le procédé consiste à alimenter en matière première non transformée le champ de travail de façon que ledit volume de matière première alimenté présente une portion émergente par rapport à la surface (32, 45) décrite par le bord proximal (23) de l'organe pousseur (21) lors du déplacement du racleur dans la direction de recouvrement (F), de sorte que ledit racleur, lors de son parcours, vienne araser ladite portion émergente de matière première et la pousse en direction du champ de travail pour recouvrir la matière déjà transformée (PI).

5. Procédé selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisé par le fait que ladite matière première dans son premier état est un matériau pâteux présentant une viscosité supérieure à environ 10.000 centiPoises ou présentant un seuil d'écoulement tel que la matière ne s'écoule pas lorsqu'une contrainte de cisaillement qui lui est appliquée reste inférieure à 20 N/m².

6. Procédé selon l'une des revendications 1 à 5, caractérisé par le fait qu'il consiste à prévoir un racleur à au moins deux organes pousseurs (40, 41) face à face, entre lesquels est disposé au moins un organe rouleuse, à déplacer ledit racleur dans un sens (FA) de façon que le boudin de matière (49) se forme entre un premier organe pousseur (40) et un organe rouleuse lors d'une phase de recouvrement, et à inverser le sens de déplacement (FB) dudit racleur, lors de la phase de recouvrement successive, séparée ou non par une phase de transformation, pour détacher le boudin de matière (49) du premier organe pousseur et le transférer entre un organe rouleuse et le second organe pousseur (41), chaque organe pousseur étant alternativement actif puis inactif, selon le sens de déplacement du racleur.

7. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé par le fait qu'il consiste à prévoir au moins deux organes

rouleurs (26, 27) autour de l'ensemble desquels circule en boucle le boudin de matière (28, 49), pour éloigner du bord proximal (23) de l'organe pousseur le brassage de la matière lors de la phase de recouvrement.

5 8. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé par le fait qu'il consiste à prévoir une protubérance (24) au droit du pousseur (21), s'étendant en direction de l'organe rouleau (26) et à distance (ZC) du bord proximal (23) de l'organe pousseur, afin d'assurer une circulation en boucle du boudin de matière (28) autour de
10 l'ensemble du (ou des) organe(s) rouleau(s).

9. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé par le fait qu'il consiste à positionner au moins un organe rouleau (26, 27) de façon que son axe de rotation soit situé à une distance (Z1, Z2) de la surface du champ de travail (32) telle que ledit
15 organe rouleau définisse avec la couche de matière déjà transformée (PI) un interstice intercalaire d'épaisseur au moins égale à la couche de matière non transformée à appliquer.

10. Procédé selon l'une des revendications 1 à 9, caractérisé par le fait qu'il consiste à faire parcourir au racleur (9, 40, 41), une
20 certaine course de démarrage, dans une zone externe au champ de travail, proche de la frontière de celui-ci, pour que le racleur brasse la matière située en amont, en homogénéisant la matière alimentée et en conformant la matière en forme de boudin.

11. Dispositif pour la mise en oeuvre du procédé selon l'une des
25 revendications précédentes, comprenant :

- des moyens pour induire la transformation (1) de la matière première dans un champ de travail (104, 32, 45),
- des moyens d'alimentation en matière première (103),
- un racleur (9, 40, 41) comportant au moins un organe rouleau
30 (26, 27),
- des moyens pour effectuer au moins une phase de recouvrement, lesdits moyens comprenant des moyens d'entraînement en translation du racleur et des moyens d'entraînement en rotation du (ou des) organe(s) rouleau(s),
- 35 - des moyens (2, 3, 4) pour déplacer les volumes déjà transformés (PI) par rapport au champ de travail,

caractérisé par le fait que ledit racleur (9, 40, 41) comporte au moins un organe pousseur (21) dont le bord proximal (23) est apte à coïncider sensiblement avec la surface du champ de travail lors du parcours du racleur, l'organe rouleuse étant situé en vis à vis dudit organe pousseur et en aval de celui-ci par rapport à la direction de recouvrement (F), l'axe de rotation de chaque rouleuse étant situé en vis à vis de l'organe pousseur.

12. Dispositif selon la revendication 11, caractérisé par le fait que l'axe de chaque organe rouleuse (26, 27) est situé à une distance (Z1, Z2) du bord proximal (23) de l'organe pousseur (21) supérieure à la distance entre ledit axe et le point périphérique le plus externe dudit organe rouleuse associé.

13. Dispositif selon les revendications 11 ou 12, caractérisé par le fait que l'organe pousseur (21) présente une protubérance (24) faisant saillie en direction de l'organe rouleuse (26) et du côté opposé au bord proximal (23) de l'organe pousseur, par rapport à l'axe dudit organe rouleuse, pour définir un canal de circulation du boudin de matière (28) autour de l'organe rouleuse, au voisinage de l'organe pousseur.

14. Dispositif selon la revendication 13, caractérisé par le fait que ladite protubérance (24) présente une extrémité libre (25) pointue, sensiblement au niveau où le boudin de matière (28) se détache de la protubérance.

15. Dispositif selon l'une des revendications 11 à 14, caractérisé par le fait que l'un au moins des organes pousseurs comporte un bord proximal (23) de forme effilée.

16. Dispositif selon l'une des revendications 11 à 15, caractérisé par le fait qu'il comporte au moins un racleur (40, 41) comportant au moins deux organes pousseurs disposés face à face, au moins un organe rouleuse étant disposé dans l'espace compris entre lesdits organes pousseurs, ledit racleur étant lié à un organe de guidage (CH) apte à déplacer ledit racleur parallèlement au champ de travail, la liaison entre le racleur et l'organe de guidage étant apte à assurer une élévation de l'organe pousseur situé en aval, lors du mouvement de translation de l'organe de guidage.

17. Dispositif selon l'une des revendications 11 à 16, caractérisé par le fait qu'il comporte un portique sensiblement en forme de T dont

la jambe verticale (43) est reliée à un chariot (CH) guidé en translation parallèlement au champ de travail, et dont la barre horizontale (42) porte au voisinage de chacune de ses extrémités un organe pousseur (40, 41), chaque organe pousseur étant tourné vers la jambe verticale (43) du T et chaque organe rouleuse étant situé entre lesdits organes pousseurs, ledit portique étant apte à basculer de façon que seul un organe pousseur à la fois soit actif au cours de la phase de recouvrement, dans un sens de déplacement donné du portique.

18. Dispositif selon l'une des revendications 11 à 17, caractérisé par le fait que lesdits moyens d'alimentation (103) sont reliés à au moins deux ouvertures (7, 8) débouchant de part et d'autre du champ de travail, pour distribuer sélectivement la matière à travers l'une ou l'autre desdites ouvertures, qui est la plus proche de la position initiale (9, 9') du racleur, avant chaque phase de recouvrement successive.

19. Pièce tridimensionnelle obtenue, selon le procédé de prototypage rapide, par transformation de volumes successifs d'une matière première d'un premier état en un second état, caractérisée par le fait que ladite matière première est un matériau pâteux présentant un seuil d'écoulement tel que la matière ne s'écoule que lorsqu'une contrainte de cisaillement qui lui est appliquée dépasse environ 20 N/m².

20. Dispositif de prototypage rapide, comprenant :

- des moyens pour induire la transformation (1) de la matière première dans un champ de travail (45),
- des moyens d'alimentation en matière première (103),
- au moins un racleur (40, 41) comportant au moins deux organes pousseurs disposés face à face,
- des moyens pour effectuer au moins une phase de recouvrement, lesdits moyens comprenant des moyens d'entraînement (CH, 46) en translation du racleur selon un mouvement de va-et-vient,

caractérisé par le fait qu'il comporte des moyens (47, 48) pour assurer une élévation de l'organe pousseur situé en aval dans la direction de déplacement (FA, FB) du racleur par rapport à la surface du champ de travail (45), de sorte que l'organe pousseur en position élevée ne transporte pas de matière première lors de son trajet et reste inactif, seul l'autre organe pousseur en amont étant actif, chaque organe

pousseur étant alternativement actif ou passif selon le sens de déplacement du racleur.

REVENDEICATIONS MODIFIEES

[reçues par le Bureau International le 10 Juillet 2000 (10.07.00);
revendication 19 supprimée; autres revendications inchangées (1 page)]

la jambe verticale (43) est reliée à un chariot (CH) guidé en translation parallèlement au champ de travail, et dont la barre horizontale (42) porte au voisinage de chacune de ses extrémités un organe pousseur (40, 41), chaque organe pousseur étant tourné vers la jambe verticale (43) du T et chaque organe rouleuse étant situé entre lesdits organes pousseurs, ledit portique étant apte à basculer de façon que seul un organe pousseur à la fois soit actif au cours de la phase de recouvrement, dans un sens de déplacement donné du portique.

18. Dispositif selon l'une des revendications 11 à 17, caractérisé par le fait que lesdits moyens d'alimentation (103) sont reliés à au moins deux ouvertures (7, 8) débouchant de part et d'autre du champ de travail, pour distribuer sélectivement la matière à travers l'une ou l'autre desdites ouvertures, qui est la plus proche de la position initiale (9, 9') du racleur, avant chaque phase de recouvrement successive.

19. Dispositif de prototypage rapide, comprenant :

- des moyens pour induire la transformation (1) de la matière première dans un champ de travail (45),
- des moyens d'alimentation en matière première (103),
- au moins un racleur (40, 41) comportant au moins deux organes pousseurs disposés face à face,
- des moyens pour effectuer au moins une phase de recouvrement, lesdits moyens comprenant des moyens d'entraînement (CH, 46) en translation du racleur selon un mouvement de va-et-vient,

caractérisé par le fait qu'il comporte des moyens (47, 48) pour assurer une élévation de l'organe pousseur situé en aval dans la direction de déplacement (FA, FB) du racleur par rapport à la surface du champ de travail (45), de sorte que l'organe pousseur en position élevée ne transporte pas de matière première lors de son trajet et reste inactif, seul l'autre organe pousseur en amont étant actif, chaque organe pousseur étant alternativement actif ou passif selon le sens de déplacement du racleur.

1/3

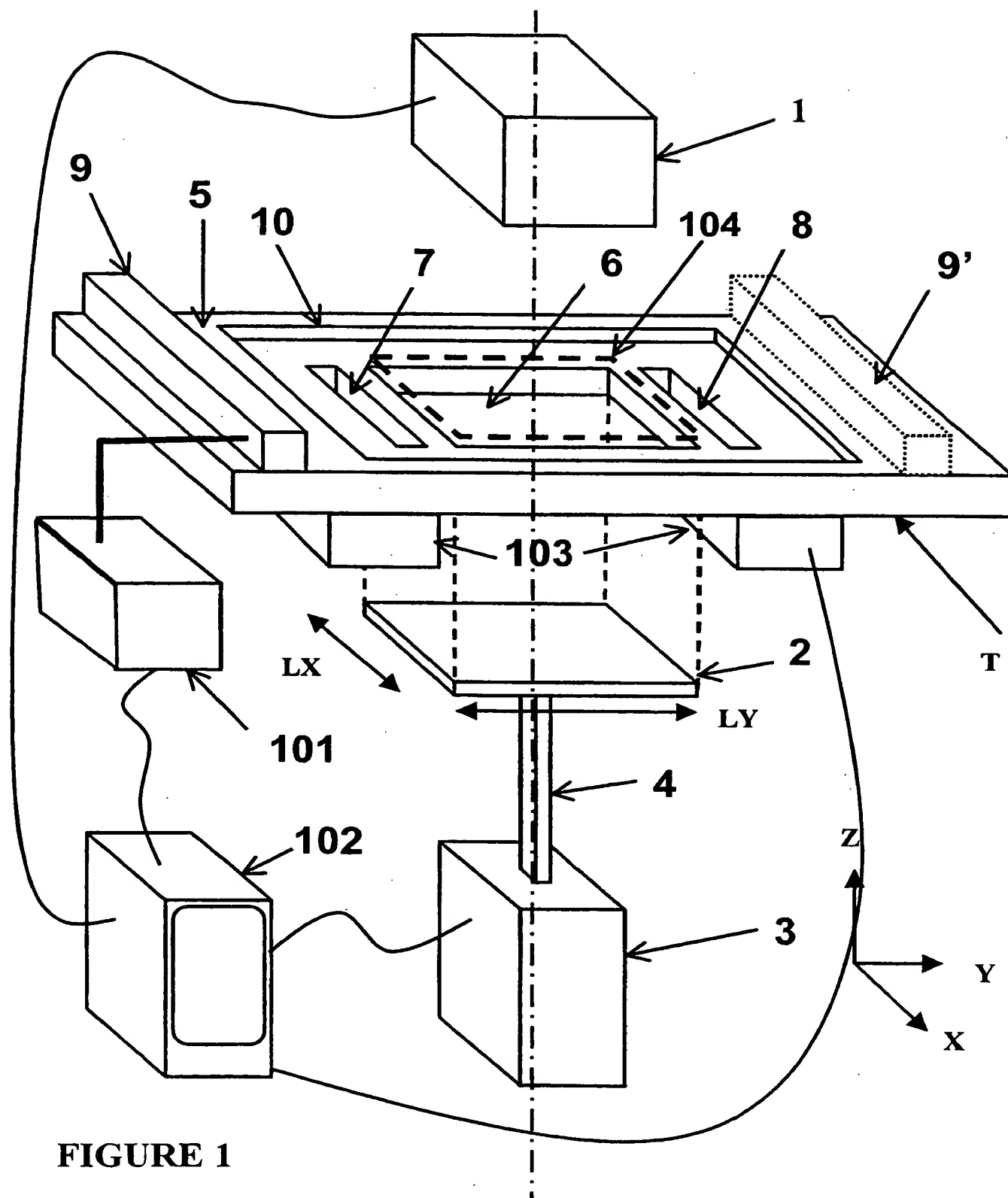


FIGURE 1

2/3

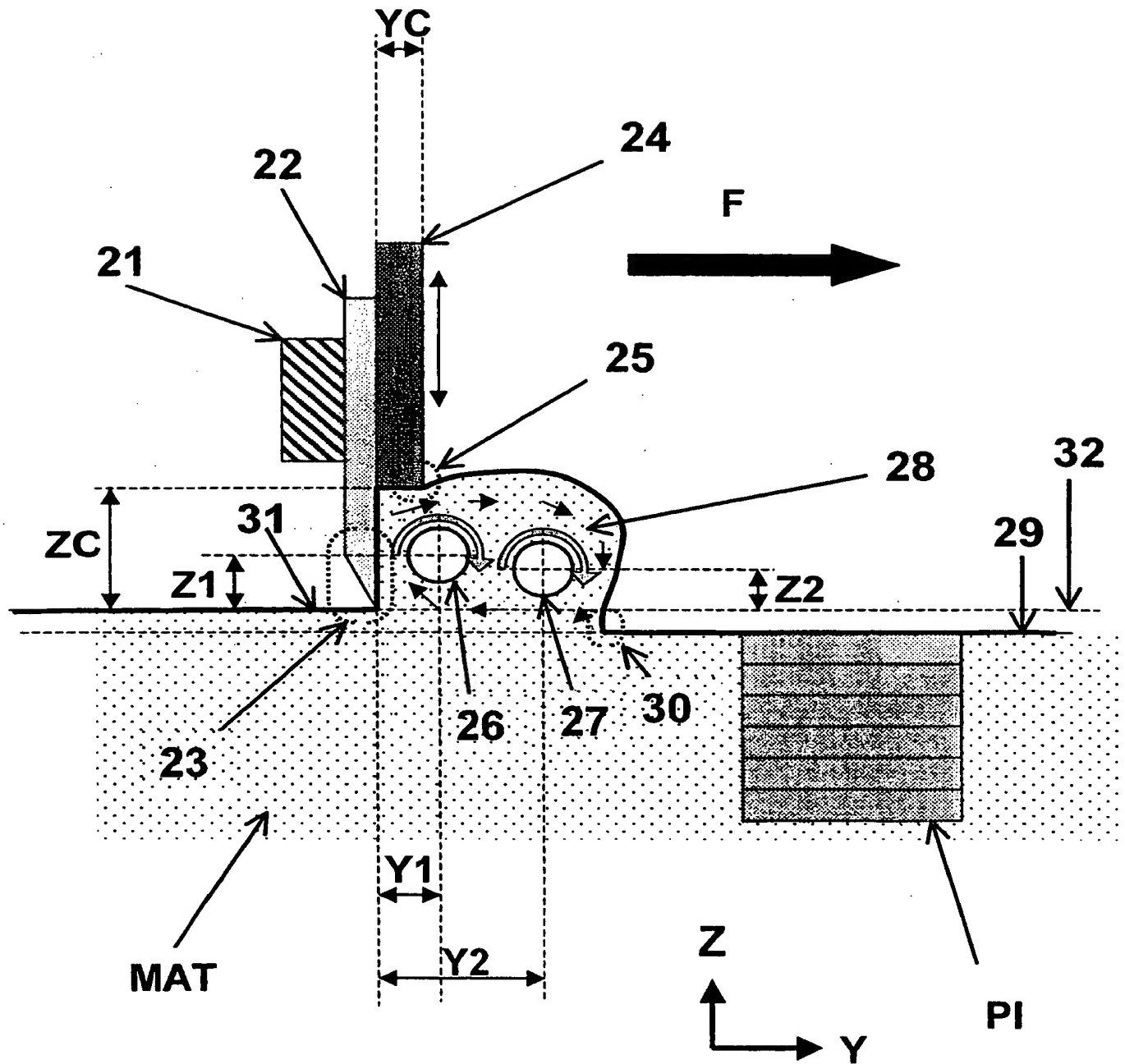
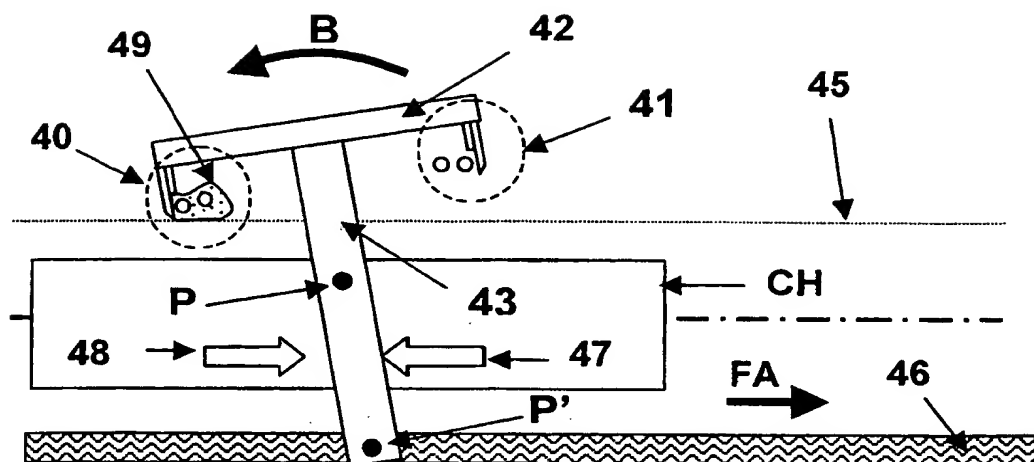


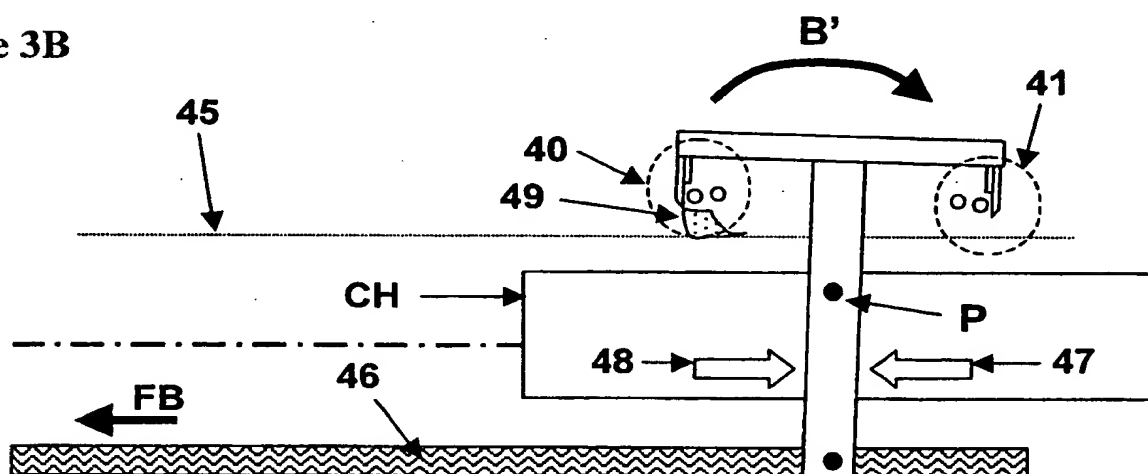
FIGURE 2

3/3

Etape 3A



Etape 3B



Etape 3C

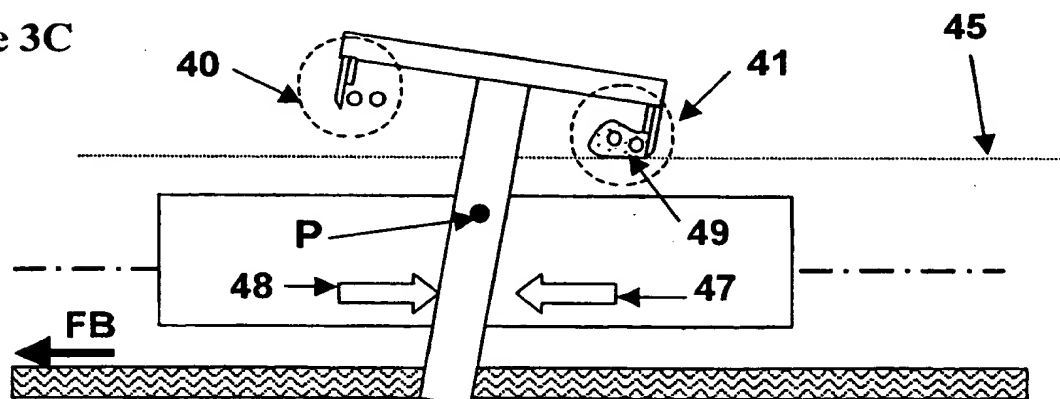


FIGURE 3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.

PCT/FR 00/00493

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 B29C67/00 B29C41/12 B29C41/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 B29C

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 96 23647 A (3D SYSTEMS INC) 8 August 1996 (1996-08-08) cited in the application the whole document	1-18
X	EP 0 807 853 A (TEIJIN SEIKI CO LTD) 19 November 1997 (1997-11-19) page 10, line 53 - line 56	19
X	JP 08 290475 A (OLYMPUS OPTICAL CO LTD) 5 November 1996 (1996-11-05) paragraphs '0027!-'0029!; figures 2,3,5,6	20
X	JP 06 055643 A (ASAHI CHEM IND CO LTD) 1 March 1994 (1994-03-01) paragraph '0012!; figures 2-5	20
	--- -/--	



Further documents are listed in the continuation of box C.



Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

9 June 2000

Date of mailing of the international search report

19/06/2000

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Mathey, X

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/FR 00/00493

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	<p>EP 0 499 485 A (DU PONT) 19 August 1992 (1992-08-19) example 7A</p> <p>-----</p>	19

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

information on patent family members

International Application No

PCT/FR 00/00493

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 9623647 A	08-08-1996	AU 4971396 A BR 9607005 A CA 2210802 A CN 1172451 A EP 0807014 A JP 10513130 T US 5902537 A	21-08-1996 28-10-1997 08-08-1996 04-02-1998 19-11-1997 15-12-1998 11-05-1999
EP 0807853 A	19-11-1997	JP 9169827 A JP 10034679 A US 6017973 A	30-06-1997 10-02-1998 25-01-2000
JP 08290475 A	05-11-1996	NONE	
JP 06055643 A	01-03-1994	NONE	
EP 0499485 A	19-08-1992	US 5474719 A AU 1091592 A CA 2061125 A DE 69227391 D DE 69227391 T JP 5077324 A JP 7075868 B	12-12-1995 27-08-1992 15-08-1992 03-12-1998 29-04-1999 30-03-1993 16-08-1995

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale No
PCT/FR 00/00493

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
CIB 7 B29C67/00 B29C41/12 B29C41/00

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)

CIB 7 B29C

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie *	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	WO 96 23647 A (3D SYSTEMS INC) 8 août 1996 (1996-08-08) cité dans la demande le document en entier ---	1-18
X	EP 0 807 853 A (TEIJIN SEIKI CO LTD) 19 novembre 1997 (1997-11-19) page 10, ligne 53 - ligne 56 ---	19
X	JP 08 290475 A (OLYMPUS OPTICAL CO LTD) 5 novembre 1996 (1996-11-05) alinéas '0027!-'0029!; figures 2,3,5,6 ---	20
X	JP 06 055643 A (ASAHI CHEM IND CO LTD) 1 mars 1994 (1994-03-01) alinéa '0012!; figures 2-5 ---	20
	-/--	

☒ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

* Catégories spéciales de documents cités:

- *A* document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
- *E* document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
- *L* document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)
- *O* document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
- *P* document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

T document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention

X document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément

Y document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier

Z document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

9 juin 2000

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

19/06/2000

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale

Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Mathey, X

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Form. Internationale No

PCT/FR 00/00493

C.(suite) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	<p>EP 0 499 485 A (DU PONT)</p> <p>19 août 1992 (1992-08-19)</p> <p>exemple 7A</p> <p>-----</p>	19

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale No

PCT/FR 00/00493

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
WO 9623647 A	08-08-1996	AU 4971396 A BR 9607005 A CA 2210802 A CN 1172451 A EP 0807014 A JP 10513130 T US 5902537 A	21-08-1996 28-10-1997 08-08-1996 04-02-1998 19-11-1997 15-12-1998 11-05-1999
EP 0807853 A	19-11-1997	JP 9169827 A JP 10034679 A US 6017973 A	30-06-1997 10-02-1998 25-01-2000
JP 08290475 A	05-11-1996	AUCUN	
JP 06055643 A	01-03-1994	AUCUN	
EP 0499485 A	19-08-1992	US 5474719 A AU 1091592 A CA 2061125 A DE 69227391 D DE 69227391 T JP 5077324 A JP 7075868 B	12-12-1995 27-08-1992 15-08-1992 03-12-1998 29-04-1999 30-03-1993 16-08-1995

THIS PAGE BLANK (USPTO)